Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 1 de 11

REMERCIEMENTS

Le volume 2 du *Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé*, intitulé *Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé*, a été rédigé à contrat par le Dr Pierre Gosselin et M. Pierre Chevalier, avec le concours du Dr Marcel Bélanger, de M. Daniel G. Bolduc, du Dr Gaétan Carrier, de MM. Daniel Gagné, Marcel Gaucher et Denis Gauvin, des Drs Benoit Gingras et Benoit Girard, de Mme Isabelle Giroux, de M. Jacques Grondin et des Drs André Labelle et Pierre Lajoie.

Les volumes 1, 2 et 3 du *Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé* sont préparés sous la supervision générale du Comité fédéral-provincial-territorialde l'hygiène du milieu et du travail. La totalité des provinces et des territoires et le gouvernement fédéral sont représentés à ce Comité, dont les membres viennent des secteurs de l'environnement, de la santé et du travail.

Les examinateurs à Santé Canada, c'est-à-dire Dave Stieb, de la Section de la recherche sur les effets de la qualité de l'air sur la santé, Kathy Hughes, de la Section des substances d'intérêt prioritaire, et Steve Wong, de la Section de l'évaluation toxicologique des herbicides, ont tous fait des commentaires sur l'information du volume 2 qui a trait à leur domaine de compétence.

Le Bureau de l'évaluation de l'hygiène du milieu coordonne la production du Guide sous la supervision de Roy Kwiatkowski, avec le concours de Sandra Owens.

101-03497/

TABLE DES MATIÈRES

1.0 PRÉSENTATION DU GUIDE 1

1. Introduction 1
2. Clientèle visée 1
3. Contenu du présent volume 2

2.0 NOTIONS UTILES POUR L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE 4

2.1 Introduction 4
2.2 Les déterminants de la santé 4
2.3 Les types d'évaluation environnementale 6
2.4 Le rôle des praticiens de la santé 8
2.4.1 Justification des projets 8
2.4.2 Contenu des évaluations et rôle du praticien de santé 9
2.4.3 Séquences des étapes et implication des professionnels de la santé 11
2.4.4 Critères d'implication des organismes de santé 16

3.0 LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LA SANTÉ : 22

3.1 Introduction 22
3.2 Définitions 22
3.3 Importance des trois sphères du développement durable 24
3.3.1 Écosystèmes 24
3.3.2 Économie 25
3.3.3 Système social 26
3.4 Le développement durable au quotidien 27
3.5 Objectifs concrets en développement durable 28
Milieux biophysiques 29
Milieux humains 29
Intervenants 30

4.0 ANALYSE DES DONNÉES SUR LES RISQUES POUR LA SANTÉ 32

4.1 Introduction 32
4.2 Problèmes communs à toutes les analyses 32
4.2.1 Échelles spatiale et temporelle 32
4.2.2 Groupes à risque 33
4.2.3 Travailleurs 33
4.2.4 Nouvelles technologies 34
4.2.5 Pertinence des données sanitaires existantes 34

4.2.6 Méthodologies 35

5.0 AVIS ET INTERVENTIONS DE SANTÉPUBLIQUE EN ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE 38

5.1 Introduction 38
5.2 Gestion du risque : bref historique 39
5.3 Liens avec l'évaluation environnementale 42
5.4 Rédaction de l'avis de santé publique 45
5.4.1 Étude des données 45
5.4.2 Comparaison avec les normes 50
5.4.3 Comparaisons en l'absence de normes 50
5.4.4 Comparaisons avec les principes du développement durable 52
5.4.5 Identification des zones grises et autres impacts négatifs 53
5.4.6 Revue des positions exprimées 55
5.4.7 Synthèse des avantages et inconvénients 56
5.4.8 Acceptabilité sociale 56

6.0 CRÉDIBILITÉ ET COMMUNICATIONS 58

6.1 Communication efficace à la mesure des attentes 58
6.2 Préparation d'une stratégie de communication 63
6.3 Le volet crédibilité 65

7.0 CONCLUSION 68

BIBLIOGRAPHIE 71

ANNEXE 1 : EXEMPLES DE RISQUES POUR LA SANTÉ SECTEURS ÉCONOMIQUES ... 78

L'ÉNERGIE 79
Perpective canadienne 79
Barrages hydroélectriques 82
Centrales de cogénération d'énergie 94
Transport et liquéfaction de gaz naturel 99
TRANSPORT ET COMMUNICATIONS 110
Projets routiers 110
Lignes de transport d'électricité 118
Construction/agrandissementet opération d'un aéroport 130
FORÊTS 141
Perspective canadienne 141
Utilization de phytocides pour la dégagement en régéneration forestière 143
Utilisation de l'insecticide *Bacillus thuringiensis (b.t.)* 148
INDUSTRIE MINIÈRE 157

Notions de base sur l'exploitation minière en général 157
Exploitation d'une mine d'or 159
AGRICULTURE 167
Perspective canadienne 167
La production porcine et la santé 169
Épandage de pesticides en pomoculture 183
GESTION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES 190
Perspective canadienne 190
L'évaluation environnementale des projects de gestion des résidus 191
L'enfouissement 192
L'incinération 198
GESTION DES BOUES D'ÉPURATION D'EAUX USÉES 204
Valorisation des boues d'épuration provenant des usines de traitement des eaux usées municipales 204
Boues provenant de fosses septiques 215
Gestion de l'eau : construction et opération d'un centre de traitement des eaux usées 224
INDUSTRIES MANUFACTURIÈRES 237
Perspective canadienne 237
Production d'aluminum 238
Production de pâtes à papier 245

ANNEXE II : COMPARAISON DE LA SOUTENANCE SOCIALE 254

ANNEXE III : CLASSEMENT DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE COMPARAISON ..... DES RISQUES 257

1.0 PRÉSENTATION DU GUIDE

1.1 Introduction

Ce second volume du Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé a pour objectif d'élaborer une démarche intégrée qui permette d'élaborer une opinion de santé publique dans le cadre des évaluations environnementales. Il y a déjà plus de dix ans, l'Organisation mondiale de la santé (Giroult, 1988) considérait nécessaire de mieux faire connaître l'importance et les avantages de l'intégration de la santé au processus d'évaluation environnementale. Les consultations menées à l'échelle canadienne à ce sujet en 1996 (Santé Canada, 1996) ont clairement montré l'intérêt des praticiens pour le sujet. Ceux-ci signalaient notamment que, si le besoin d'envisager la dimension sociale était bien connu et accepté, les procédures, méthodes et indicateurs applicables sont moins clairs (Santé Canada, 1997), et soulevaient aussi la nécessité de consolider la collaboration entre le monde de la santé et les spécialistes d'évaluation environnementale, tout en intégrant mieux les considérations du public. Ce guide vise à répondre à ces besoins.

Il constitue, avec le troisième volume, une suite pratique au premier, lequel présente la logique de la nécessaire présence du monde de la santé en évaluation environnementale ainsi qu'un résumé de la pratique actuelle au Canada et à l'étranger. Le présent volume est donc orienté sur les démarches à effectuer lors de l'évaluation de l'implantation d'un projet ou d'un programme dans une région donnée. Il présente aussi des critères d'analyse et donne quelques exemples d'impacts détaillés pouvant servir de balises pour le praticien de santé publique.

L'ampleur des évaluations environnementales produites au Canada varie beaucoup selon les exigences des provinces et du gouvernement fédéral. Il est impossible de couvrir tout l'éventail des méthodologies et disciplines disponibles ou utiles, mais le troisième volume du Guide résume l'essentiel des approches présentement utilisées. Ce volume-ci porte sur les projets ou programmes susceptibles de faire l'objet d'une demande d'expertise auprès des autorités locales ou régionales de santé publique.

1.2 Clientèle visée

La clientèle visée est d'abord celle des professionnels de la santé qui ne sont pas experts en

évaluation environnementale, et qui auront à l' occasion à se prononcer, par exemple, sur les impacts sanitaires de l'implantation d'une mine, d'un site d'enfouissement sanitaire ou encore d'une ligne à haute tension dans leur collectivité. On pense donc spécifiquement aux médecins, infirmières, hyginénistes ou inspecteurs de santé environnementale qui œuvrent en pratique privée, dans un centre communautaire, ou encore dans un service local ou régional de santé publique.

Ensuite, ce guide peut aussi s'avérer utile aux autres catégories d'intervenants qui utilisent ou réalisent les évaluations environnementales. Ainsi, les firmes de consultants en génie ou en sciences sociales qui préparent souvent les études d'impact au Canada pourraient être intéressées à consulter ce document. Il en est probablement de même pour les promoteurs de projets et les autorités responsables d'autoriser la réalisation du projet.

1.3 Contenu du présent volume

Les six prochaines sections visent à préciser :

- le rôle du monde de la santé publique en évaluation environnementale (chapitre 2);
- le développement durable comme cadre d'intégration des risques et bénéfices pour la santé publique (chapitre 3);
- l'analyse des données sur les risques pour la santé (chapitre 4);
- l'intégration de la démarche de santé publique dans la formulation d'un avis et dans l'intervention de santé publique pertinente à l'évaluation environnementale (chapitre 5);
- la structuration du processus de communication auprès des publics (chapitre 6).

Il est important de signaler au lecteur que ce volume a été conçu pour être éventuellement bonifié. En effet, si les consultations auprès du comité fédéral/provincial/territorial de l'hygiène du milieu et du travail et des organismes qui y sont représentés sont fructueuses, l'objectif est d'en arriver à une démarche-type qui puisse servir de base à la pratique des professionnels de la santé publique du pays. Quelques exemples des principaux impacts environnementaux et sanitaires de certains projets sont aussi présentés au chapitre cinq. Si les consultations démontrent une certaine utilité aux résumés et grilles des principaux impacts de certains projets-type, une démarche coopérative entre les provinces, les territoires et le

gouvernement fédéral pourrait mener à élaborer davantage de ces résumés et grilles pour d'autres secteurs économiques, en mettant à profit les compétences de chacun.

Enfin, il faut souligner que l'approche utilisée au Canada, ainsi que l'implication fréquente et parfois systématique des autorités de santé publique en évaluation environnementale, même si elle est variable et plutôt récente, représente néanmoins une exception à l'échelle de la planète (IAIA, 1996, 1997). Plusieurs organismes internationaux et plusieurs pays ou universités constatent cependant qu'il s'agit d'une nécessité pour l'avenir, et suivent avec intérêt la présente démarche du Guide canadien. Il est donc envisageable que nos efforts collectifs et notre expérience en ce domaine soient mis à contribution sur une plus large échelle au cours des prochaines années.

2.0 NOTIONS UTILES POUR L' ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

2.1 *Introduction*

Cette section présente quelques notions nécessaires pour situer la fonction et le rôle des professionnels de la santé en matière d'évaluation environnementale. Certaines de ces notions sont présentées en détail dans le premier volume, et ne seront que brièvement rappelées ici. D'autres notions seront élaborées plus en détail. Il s'agit de :

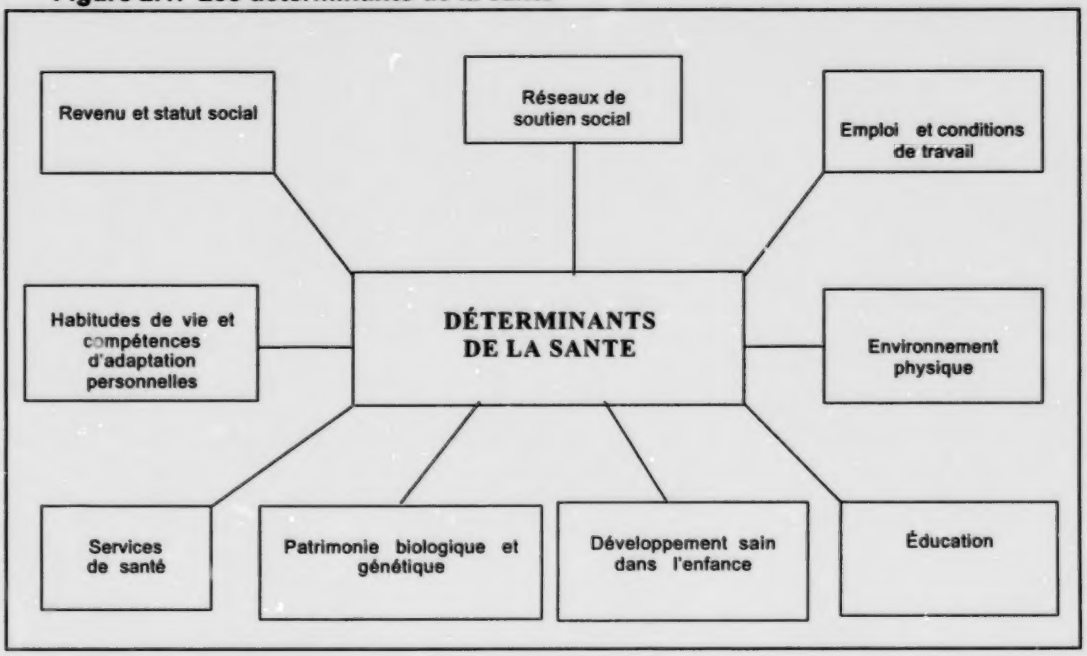
- Les déterminants de la santé (rappel);
- Les types d'évaluation environnementale et leurs contenus;
- La séquence habituelle des étapes d'un processus d'évaluation environnementale pour un projet (rappel);
- Le rôle du professionnel de la santé dans ce processus;
- Les niveaux d'implication suggérés des organismes de santé selon les situations.

2.2 *Les déterminants de la santé*

Il est maintenant établi par des milliers d'études scientifiques que l'état de santé des individus et des populations est déterminé par un ensemble complexe de facteurs qui interagissent entre eux.

La figure 2.1 résume bien ces déterminants de la santé (Santé Canada, 1997).

Figure 2.1: Les déterminants de la santé



Certains déterminants réfèrent davantage à l'individu, d'autres à la collectivité d'appartenance et aux modes d'organisation sociale. L'importance relative de ces facteurs pour la santé variera selon les individus, les régions ou pays, et selon la virulence ou la toxicité des expositions nocives.

Si toutes ces notions peuvent sembler maintenant naturelles à plusieurs des professionnels de la santé formés au Canada, il faut souligner qu'il n'est pas nécessairement de même partout ailleurs dans le monde. Les médecins ou infirmières oeuvrant en santé publique, par exemple, sont familiers avec ces déterminants et la notion large de la santé véhiculée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui la définit comme «un état de complet bien-être physique, mental et social» (OMS, 1947).

Mais ils oublient aussi la plupart du temps que, pour plusieurs membres de leurs professions, pour d'autres disciplines et pour une grande partie de la population, la santé demeure avant tout l'absence de maladie, que la maladie est souvent considérée comme une malchance sans lien causal avec les comportements, ou qu'elle résulte d'un mauvais accès aux soins et services de santé (Evans et Stoddard, 1994). Dans le contexte de l'évaluation environnementale, il faudra tenir compte des perceptions différentes qui peuvent avoir cours chez les promoteurs, les fonctionnaires, et la population. On pourra consulter le premier volume du Guide (Santé Canada, 1997) pour une discussion plus approfondie de ces concepts.

2.3 *Les types d'évaluation environnementale*

On utilise souvent indifféremment les termes *évaluation environnementale* et *évaluation de l'impact sur l'environnement*. Par contre, certains donnent un sens plus large à l'évaluation environnementale. Ainsi, une étude internationale récente (Sadler, 1996) proposait les définitions suivantes :

- L'*évaluation environnementale* est un processus systématique qui consiste à évaluer et à documenter les possibilités, les capacités et les fonctions des ressources et des systèmes naturels, afin de faciliter la planification du développement durable et la prise de décision en général ainsi qu'à prévoir et à gérer les impacts négatifs et les conséquences de propositions d'aménagement en particulier.

- L'*évaluation de l'impact sur l'environnement* est un processus qui consiste à définir, à prévoir, à évaluer et à atténuer les répercussions biophysiques, sociales et autres de projets d'aménagement et d'activités physiques, avant que des décisions et des engagements majeurs ne soient pris.

- L'*évaluation environnementale stratégique* est un processus d'examen et d'appréciation préalable des politiques, des plans et des programmes ainsi que d'autres avant-projets ou initiatives de grande envergure.

Le champ académique de l'évaluation environnementale a aussi créé diverses sous-disciplines plus ou moins virtuelles puisqu'elles représentent des sous-ensembles de l'évaluation environnementale.

Par exemple, on recense l'évaluation économique, fiscale, démographique, technologique, sociale, etc. (Vanclay et Bronstein, 1995). Plusieurs semblent en fait vouloir recycler le champ de l'analyse des politiques sous ce vocable.

Le premier volume de ce guide propose une définition descriptive de l'évaluation environnementale qui résume bien ces diverses facettes et qui nous semble plus utile pour le praticien de la santé :

Évaluation environnementale (ée)

Processus exhaustif et systématique permettant de circonscrire, d'analyser et d'évaluer les répercussions environnementales d'un projet en s'appuyant sur la participation du public; comporte le recours à des experts, de la recherche et des analyses, la définition des questions en jeu, la délimitation des données à recueillir, la collecte de données et leur interprétation, la prévision des répercussions, l'élaboration de mesures d'atténuation, la consultation de participants externes, la rédaction de rapports et leur évaluation.

On peut distinguer deux niveaux d'intérêt :

- Le niveau mésosocial: les outils principaux seront les études d'impact local ou régional sur l'environnement avant qu'un projet ne se réalise. Une fois réalisé, le projet (une usine, une autoroute, etc.) sera surveillé par le suivi environnemental et sanitaire. Puis des audits environnementaux serviront à vérifier si les entreprises gèrent adéquatement leurs procédés en fonction de normes, comme celles de la série iso 14 000 ou l'équivalent.

- Le niveau macrosocial: ici les principaux outils seront l'évaluation environnementale stratégique et l'étude du cycle de vie des produits qui tenteront de prévoir les impacts à l'échelle d'un grand écosystème, d'une écozone, d'une grande unité administrative (province, pays) ou d'un continent. Le suivi se réalisera par les rapports sur l'état de l'environnement et les comptes nationaux des ressources (forêt, eau, etc.), ainsi que par les rapports sur l'état de santé (mortalité, morbidité, contamination biologique, enquêtes sur les habitudes et les perceptions). Les rapports sur l'état de santé pourront s'intéresser à un facteur de risque ou à un

sous-groupe particulier de la population selon le niveau de risque perçu ou présumé : l'exposition des autochtones aux organochlorés ou l'exposition des femmes enceintes et des foetus aux métaux lourds sont des exemples de cette approche traditionnelle de santé publique.

Tableau 2.1 Les types d'études en évaluation environnementale

Étape	Niveaux mésocial	Niveau macrosocial
Avant la réalisation : *Prédiction et Investigation*	• Études d'impacts	• Études stratégiques • Cycle de vie des produits
Pendant et après la réalisation : *Suivi et contrôles*	• Suivi environnemental et sanitaire (travailleurs et population avoisinante). • Audits (iso 14 000)	• Rapports sur l'état de l'environnement • Comptes nationaux des ressources • Rapports sur l'état de santé

2.4 Le rôle des praticiens de la santé

Le rôle des praticiens de la santé varie selon les fonctions qu'ils ou elles occupent dans une organisation et comme simples citoyens qui s'impliquent dans un dossier local. Plusieurs attentes seront exprimées vis-à-vis des professsionnels de la santé, et plusieurs tâches diversifiées sont nécessaires pour analyser un projet ou un programme soumis pour avis. Nous examinons ici ces multiples rôles en regard de la justification des projets, du type d'évaluation environnementale sous examen et du déroulement temporel d'un projet. Nous concluons en suggérant quelques critères d'implication pour les organismes de santé.

2.4.1 Justification des projets

Lors de l'examen ou de la préparation d'une évaluation environnementale, i est crucial de déterminer si elle ne vise qu'à contrôler les impacts négatifs appréhendés d'un projet ou si le processus d'évaluation prévoit aussi d'en examiner la justification et la nécessité. Certains processus provinciaux prévoient cette dernière possibilité (comme au Québec), ce qui implique idéalement d'examiner plusieurs options (y compris l'abandon du projetavant de choisir la meilleure. Ce genre de remise en question des projets est généralement peu populaire auprès des promoteurs privés ou gouvernementaux. Plusieurs groupes de citoyens, groupes de protection de l'environnement et même des municipalités semblent au contraire trouver tout à fait normal de remettre en question la justification même du projet, particulièrement s'il s'agit d'une installation qui n'aura pour eux aucun avantage mais certains

inconvénients. L'exemple type de cette situation est le passage d'une ligne de transport électrique à haute tension dans une région agricole ou l'installation d'un site d'enfouissement sanitaire régional qui pourrait avoir des effets néfastes pour les voisins immédiats.

Cette question de fond demeure souvent non résolue puisque les opposants à un projet voudront toujours remettre en cause son bien-fondé, que cela soit prévu au processus ou non. Le praticien de santé doit être conscient de cette difficulté et en tenir compte, puisque son rôle ne se limite pas à respecter le processus légal, mais bien à prévenir, protéger et promouvoir la santé de la population, que les risques perçus soient réels ou non. Pour pouvoir porter son jugement sur l'acceptabilité d'un projet sous le volet sanitaire, il sera donc important de vérifier minimalement son niveau de justification. Nous y revenons plus loin.

2.4.2 Contenu des évaluations et rôle du praticien de santé

Il est certain que l'information contenue dans les différents types d'évaluation et de suivi sera très différente. Le monitoring de la santé des travailleurs dans une usine pourra être très étroit et détaillé, et même quotidien ou continu pour certaines catégories à risque, comme l'exposition au chlore. Par ailleurs, on ne mesure pas très souvent les niveaux de métaux lourds ou d'organochlorés dans le lait maternel pour la population d'un pays puisque les variations temporelles de tels contaminants sont habituellement lentes en contexte normal.

De la même façon, le rôle des intervenants de santé est variable selon leur organisation d'appartenance et leur formation (figure 2.1). Soulignons que ces rôles sont complémentaires et tous essentiels, car les études de niveau macrosocial ne pourraient exister sans l'input des cliniciens partout au pays. De même, ceux-ci comptent aussi sur les études à plus large échelle pour adapter leur pratique quotidienne aux risques nouveaux ou nouvellement reconnus.

Figure 2.2 : Rôles des praticiens de santé en évaluation environnementale

	Composante prédiction	Joueurs clés	Surveillance et suivi
Politiques Programmes Plans	Évaluation stratégique	Personnel clinique et chercheurs des organisations internationales, ministères gouvernementaux et instituts universitaires: *Surveillance de la population; modélisation;recherche étiologique; synthèse des*	Rapports sur l'état de santé

		connaissances	
Produits manufacturés	Analyse du cycle de vie des produits et évaluation de la technologie		Surveillance des systèmes
Projets	Études d'impact	Cliniciens locaux et praticiens régionaux de santé publique	Publications scientifiques diverses
Processus industriels et autres		Docteurs, infirmières, hygiénistes en milieu de travail: conception de programme de surveillance et de santé	Vérifications: surveillance de l'environnement et de la santé

Le contenu des études d'évaluation environnementale sera très variable selon le sujet, le type d'étude, les données disponibles et la méthodologie utilisée.

Ainsi, les études les plus courtes en nombre de pages sont souvent celles qui portent sur des projets très complexes. L'étude d'évaluation environnementale stratégique effectuée par le gouvernement canadien sur l'accord du libre-échange nord-américain (ALENA) comptait quelques 120 pages (Canada, 1992). Il s'agissait pourtant d'une décision des plus importantes qui allait changer de façon permanente la consommation des ressources naturelles et les échanges commerciaux à l'échelle d'un continent. Sous la pression américaine, un accord parallèle sur l'environnement allait d'ailleurs s'ajouter à l'ALENA. Mais il n'existait à ce moment pas de données, de modèles prévisionnels et de cadres d'évaluation adéquats pouvant permettre une étude exhaustive. Il est en outre souvent difficile de prévoir comment vont se comporter les milliers d'entreprises et de consommateurs concernés, et où exactement auront lieu les impacts. Ces circonstances peuvent rendre la prise de décisions difficile.

Par contre, les études d'impact environnemental classiques, comme celles portant sur l'implantation d'une usine d'importance, sur une mine ou sur une autoroute, pourront souvent compter jusqu'à 1 000 pages, alors que des projets plus élaborés comme ceux des mines en milieu nordique ou des complexes hydro-électriques feront jusqu'à cinq à dix mille pages.

Ces études complexes ne sont souvent lues que par quelques individus courageux. La majorité ne consulteront plutôt que la partie qui les concerne. Le volet santé ne constitue habituellement qu'un chapitre parmi ces études; mais la compréhension et l'analyse critique de ce chapitre nécessitera souvent une lecture plus exhaustive de l 'étude d'impact. Il est donc clair que, dans la plupart des cas, l'évaluation environnementale implique un travail d'équipe réunissant des praticiens de la santé et des spécialistes des divers volets environnementaux ou technologiques ayant des incidences sur la santé. Le

praticien de la santé devra aussi consulter largement pour bien comprendre les volets plus techniques de ces études et en apprécier la qualité correctement.

2.4.3 Séquences des étapes et implication des professionnels de la santé

Quelque soit le type d'évaluation environnementale en cause, il demeure une constante pour la participation des professionnels de la santé, soit qu'il doivent prendre la place qui leur est propre, et s'imposer au sein des processus; il s'agit en effet d'une activité de prévention primaire importante liée à des activités de prévention secondaire (dépistage, suivi) et diverses activités cliniques. L'évaluation environnementale est un processus maintenant vieux d'une trentaine d'années en Amérique du Nord, et ceux qui la pratiquent on déjà leurs habitudes. L'une d'entre elles consiste à sous-estimer la place de la santé publique. Il revient donc aux praticiens de la santé, ainsi qu'aux organismes et institutions de santé , de jouer leur rôle et de contribuer activement au processus.

Au niveau macrosocial

À ce niveau (grand écosystème, province, pays, continent), la tâche consistera le plus souvent à surveiller les grandes orientations des politiques publiques (énergie, transport, agriculture, etc.) pour tenter d'inclure des préoccupations de santé publique dès le début d'un processus. Quelques pays, dont le Canada, procèdent à des évaluations environnementales stratégiques. À l'échelle mondiale, cependant, la pratique demeure souvent plus sommaire ou moins formalisée (Thérivel et Partidario, 1996), et le volet de santé publique est fréquemment escamoté. Il en est souvent de même au niveau des provinces, quoique certains efforts aient été initiés ces dernières années, par exemple en colombie-britannique (Lewis, 1998) ou au Québec (CSEQ, 1998). Ainsi des ententes interministérielles prévoient l'examen systématique de politiques, programmes, règlements ou directives ayant des impacts environnementaux, notamment par les représentants du ministère de la Santé (MSSS-MEF, 1987, 1992)

Il est donc du ressort des autorités de santé publique, des associations professionnelles (médecins, hygiénistes, etc.) et des autres organismes non gouvernementaux de s'impliquer dès les étapes initiales de la formulation des politiques. Elles peuvent y parvenir en travaillant avec les partis politiques, les ministères, les comités interministériels et les commissions parlementaires et en participant à des consultations publiques et des autres mécanismes existants pour l'expression de ces préoccupations. La forme institutionnelle variera d'une juridiction à l'autre, selon les structures administratives en place.

L'analyse formelle des conséquences sur la santé publique des impacts environnementaux des politiques, plans et programmes gouvernementaux demeure cependant une science à élaborer et une discipline encore à construire de certains points

de vue. On voit donc souvent davantage de déclarations de principe et d'idéologie que d'analyse réelle. Mais divers organismes s'y attaquent déjà en évaluant, souvent de façon détaillée, les projets de lois ou de règlements pour en déterminer les impacts de santé publique. De telles évaluations stratégiques à visée sanitaire ont été récemment produites pour les nouvelles lois anti-tabac (MSSS, 1998), par exemple, ou encore à l'appui d'un projet de règlement sur la qualité de l'eau potable (MEF, 1992).

Le domaine d'intérêt des évaluations environnementales stratégiques est vaste et peut inclure l'examen des volets suivants (Buckley, 1998; Goodland, 1998; Thérivel, 1996) en ce qui a trait à leurs impacts environnementaux et sanitaires :

- les politiques publiques, incluant des politiques administratives (p. ex. privatisation, réductions budgétaires);
- les budgets et la fiscalité;
- les traités internationaux ou nationaux;
- les polluants critiques (p. ex. dioxines, mercure);
- les régions géographiques (p. ex. l'arctique, les fleuves);
- les tendances temporelles (p. ex. l'urbanisation, les terres agricoles);
- les technologies (p. ex. les biotechnologies en alimentation);
- les secteurs économiques (p. ex. impact de l'automobile);
- les catégories génériques de projets (p. ex. la cogénération d'électricité au gaz).

Si plusieurs de ces volets font déjà l'objet d'évaluations environnementales au Canada, on ne peut dire que cette pratique soit systématique ni automatique. La tendance actuelle nous porte cependant vers ce type d'analyses qui demeurent essentielles à l'adoption de politiques respectant les principes du développement durable. Autrement les gouvernements en viennent souvent à adopter des politiques allant à l'encontre de ces principes, et l'évaluation au niveau des projets ne peut compenser une conception initiale fautive.

Au niveau mésosocial

À l'échelle locale ou régionale, le type d'implication des professionnels de la santé est de nature plus spécifique car les processus légaux et administratifs sont mieux établis, et les étapes de l'implantation d'un projet mieux circonscrites. Ces étapes varient

d'une province à l'autre, mais suivent le schéma général de cinq-étapes, décrit au premier volume :

- *Description de projet* : decrit le projet et decide si un évaluation environnmental est requis;
- *Perspecitive* : établit un perpective ou identifie les faits à considerer dans un évaluation environnmental;
- *Déterminer l'importance de la participation du public* : évaluer les effects potentiel et determine leurs importances;
- *Apaisement et donner suite* : etablit des measures d'apaisement pour éviter, minimizer ou compenser les impacts et donner suite au project pendant qu'il marche;
- *Recommendations* : fait des recommandations sur l'avenir du projet et les conditions de son approbation.

Le rôle des professionnels de la santé pourra s'avérer utile à toutes les étapes de ce processus. Aux étapes préliminaires, il s'agit de déterminer le contenu de la directive qui guidera la préparation de l'étude d'impact. Si ces directives étaient jusqu'ici individualisées pour chacun des cas, on note récemment une évolution vers des directives génériques par classes de projet (MEF, 1997-98), qui incluent chacune un volet sanitaire, élaboré en consultation avec les autorités de santé publique. Un exemple est présenté à l'encadré ci-dessous (MEF, 1998). Certaines provinces australiennes utilisent plutôt une approche distincte pour la directive du volet santé, comme en tasmanie (PEHB, 1997), mais il s'agit tout de même d'une directive générique qui est applicable à tous les projets.

Encadré 2.1 Extrait de directive générique des impacts à décrire pour une ligne de transport hydroélectrique

- les perturbations du milieu aquatique lors de la traversée de cours d'eau : effets sur l'intégrité des plans d'eau, effets sur l'écoulement des eaux et le régime des glaces, effets sur la végétation riveraine et la faune (poisson et sauvagine), etc.
- les impacts des travaux sur la qualité des sols, des eaux de surface et des eaux souterraines (particulièrement pour les eaux d'alimentation)
- les effets sur les populations fauniques et leurs habitats, en accordant une attention particulière aux espèces menacées ou vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées et aux habitats de ces espèces (superficies affectées, nombre d'espèces touchées, densité de population, etc.)
- les effets sur la végétation, particulièrement sur les espèces floristiques menacées ou vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées
- les impacts sur l'utilisation actuelle et prévue du territoire, notamment les effets de la création d'un nouvel accès au territoire sur son utilisation récréative, incluant la villégiature, la chasse et la pêche
- les effets anticipés sur la vocation agricole du territoire, les pertes en superficie et en valeur économique de terres agricoles, les conséquences sur l'accès aux terres et sur la circulation de la machinerie agricole, les modifications du drainage agricole, les conséquences pour les animaux de ferme
- les effets anticipés sur la vocation forestière du territoire, les pertes en superficie et en valeur économique, la signification de ces pertes dans le cadre des activités forestières dans la région
- les impacts sur les infrastructures de services publics existantes et projetées, tels que routes, lignes et postes électriques, prises d'eau, parcs et autres sites naturels, pistes cyclables et autres équipements récréatifs, hôpitaux, écoles, etc.
- les effets sur la superficie des lots et les marges de recul avant des bâtiments, la modification des accès aux bâtiments, la destruction des lotissements existants, le morcellement de propriétés et l'expropriation de bâtiments
- la modification des niveaux d'exposition aux champs électromagnétiques pour les résidants vivant à proximité de la ligne proposée
- les effets biologiques des champs électromagnétiques sur la santé publique, en fournissant un état de situation de la recherche au niveau national et international.
- les impacts économiques du projet, notamment la création d'emplois et l'attraction pour l'implantation d'industries énergivores, de même que ses effets sur la valeur des terres et des propriétés, sur les revenus des gouvernements locaux, etc.
- les inconvénients liés à la phase de construction (perturbation du réseau de transport, bruit, poussières, etc.)
- les répercussions liées au contrôle de la végétation dans les emprises, en incluant, le cas échéant, les impacts potentiels sur la santé publique

Source : MEF (1998)

Une telle approche générique nécessite cependant un bon niveau de familiarité avec la pratique de l'évolution environnementale, et un volume d'activités assez élevé. Autrement,

les directives individuelles demeurent le premier choix. Des exemples de directives par projet sont disponibles auprès de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (ACEE, 1998) ou des ministères provinciaux de l'environnement. La différence principale entre les deux approches porte sur la liberté (et la responsabilité) donnée au promoteur dans l'approche générique. Celui-ci doit déterminer quels sont les impacts significatifs, les problèmes de santé à étudier, les méthodologies à retenir, les analyses multicritères à tenir, etc. Il doit aussi justifier ses choix. Une telle approche exige un haut niveau d'expertise et signifie automatiquement que le promoteur doit consulter largement s'il espère que son étude d'impact subisse le test de la critique avec succès. L'approche de la directive détaillée précise, par exemple, les produits chimiques à examiner, les espèces visées, les tests et méthodologies à employer, etc. Le promoteur n'a ainsi qu'à se conformer précisément aux exigences. Cette approche générera souvent une abondante mais inutile littérature pour des impacts insignifiants. Nous présentons aussi à l'encadré 2.2. un exemple de directive détaillée pour un projet.

Encadré 2.2 Directive détaillée d'un projet : Extrait

La prévision des impacts sera un exercice le plus factuel possible et consistera à déterminer la nature, l'intensité (aspect quantitatif), l'étendue (portée spatiale), la durée (aspect temporel), les risques et les facteurs d'incertitude des changements causés aux éléments importants de l'environnement. La prévision des impacts sera de caractère général considérant que la localisation et l'ampleur des zones à pulvériser n'est pas déterminée.

L'initiateur devra d'abord faire la prévision des impacts sur la santé humaine. Pour ce faire il utilisera la technique de l'analyse de risque toxicologique. Une attention particulière sera apportée aux travailleurs associés aux travaux de pulvérisations et aux populations habitant les zones limitrophes aux zones pulvérisées, dont les autochtones.

Les risques considérés comprendront le risque additionnel de cancer ainsi que tout autre effet néfaste pour la santé, incluant les effets immuno-suppressifs et les effets potentiels sur la reproduction et le développement. Cette analyse de risque devra d'abord identifier les pesticides dont la toxicité peut engendrer un risque significatif pour la santé publique. Pour ces substances, l'analyse comprendra un examen détaillé de l'exposition potentielle des personnes qui résident dans ou à proximité des zones d'épandage. L'analyse d'exposition devra considérer l'ensemble des voies possibles d'exposition potentielle, en portant une attention particulière à l'inhalation et à la consommation des produits végétaux locaux (fruits sauvages et potagers locaux). Une description détaillée de tous les modèles utilisés pour simuler les transferts ou le sort des pesticides dans l'environnement devra être fournie, de même que toutes les valeurs des variables utilisées lors de ces modélisations. L'initiateur devra également présenter brièvement les études toxicologiques ou épidémiologiques réalisées sur les substances à l'étude, et indiquer les

bases d'estimation de risque utilisées (doses de référence ou méthode d'estimation quantitative de risque additionnel de cancer).

La prévision des impacts devra également porter sur les organismes non visés (mammifères, oiseaux, poissons, amphibiens, micro-organismes terrestres et aquatiques et particulièrement les pollinisateurs et la végétation).

Le promoteur devra particulièrements'intéresser aux oiseaux et fournir une synthèse des travaux sur les effets directs et indirects (efforts de capture des oiseaux insectivores) des insecticides sur ces oiseaux.

L'initiateur devra de plus faire porter la prévision des impacts sur l'eau, l'air et le sol.

Une attention particulière devra être apportée aux impacts cumulatifs.

L'analyse de la qualité méthodologique de l'étude d'impact, de ses conclusions et recommandations demeure la pièce centrale pour l'action locale, si l'on veut prévenir et mitiger les impacts sanitaires. Encore une fois il s'agira d'un travail de groupe, qui devra se poursuivre au niveau du suivi du démarrage du projet et lors de ses opérations courantes. Cette analyse et ce travail de suivi sont détaillés dans les prochaines sections.

2.4.4 Critères d'implication des organismes de santé

Introduction

Le degré d'implication d'un organisme de santé ou d'une association professionnelle dans une évaluation environnementale est nécessairement dépendant des ressources disponibles et de l'intérêt (pris au sens large) qu'un projet donné ou une politique suscitent. Au Québec, par exemple, les directions régionales de la santé publique (DRSP) ont été invitées à se prononcer sur certains projets (arrosages de pesticides en forêt, mines, usines) au début des années 1980, à la demande de groupes de citoyens et d'organismes publics. Après une période de flottement où certaines DRSP hésitaient à se prononcer sur un projet, il est devenu pratique courante et normale depuis 1990 d'analyser sérieusement tout projet soumis au processus d'évaluation environnementale, et de fournir un avis public. Parmi les déclencheurs importants de cette évolution, on citera les attentes de la population, des ministères et organismes impliqués en évaluation environnementale, la mise en commun des ressources entre les régions et le support d'expertise pour les régions moins pourvues, ainsi que le développement d'une procédure commune d'évaluation (CSE, 1993).

Mais l'examen du volet santé dans les évaluations environnementales demeure un parent pauvre du processus (Davis, 1997). On estime que 90 à 95% de toutes les évaluations

environnementales dans le monde sont déficientes du point de vue de la santé et de la sécurité humaines (Sloff, 1995).

À un niveau ministériel, l'implication des organismes de santé publique peut s'avérer très différente. En effet, le rôle régional consistera surtout à l'analyse critique des projets, à contribuer ou participer aux activités de consultation publique, et à réaliser les tâches de monitoring et de suivi qui reviennent normalement aux organismes de santé publique locaux ou régionaux. Mais pour une évaluation de type stratégique, on s'attendra généralement à ce que le ministère de la santé, par exemple, réalise et finance lui-même les études et recherches nécessaires. Comme les questions sont souvent complexes et difficiles à répondre, la tâche devient souvent difficile à insérer dans la programmation courante.

Les types de question auxquelles sont confrontés les gestionnaires des organismes centraux (EEA, 1995) peuvent ressembler à :

- la comparaison de différents scénarios de gestion de déchets domestiques et leurs impacts sanitaires respectifs;

- la justification et les impacts environnementaux des subventions agricoles, et leurs impacts sanitaires.

Des questions similaires touchent les secteurs de l'énergie, de l'industrie, du transport, de la foresterie, du tourisme, et les autres secteurs économiques à forte consommation d'énergie et de ressources...

Critères

Les critères ci-dessous peuvent être utilisés pour orienter les organismes sur l'ampleur de l'effort à fournir. Ils peuvent aussi aider les organismes et institutions promoteurs de projets ou de programmes à prévoir une implication plus substantielle du monde de la santé dans la préparation et l'analyse d'une étude d'évaluation environnementale.

Au niveau ministériel

Tout programme, plan ou politique dans les secteurs économiques à fort impact environnemental devrait impliquer les autorités de santé de façon précoce. Des ententes à cet effet existent déjà dans plusieurs provinces canadiennes, ainsi qu'au sein du processus d'évaluation environnemental fédéral. Les secteurs les plus susceptibles d'intéresser le monde de la santé sont :

- l'aménagement du territoire et urbanisme (équipements collectifs);

- l'industries (incluant mines);
- la production et transport d'énergie;
- le transport (routes, rail, aérien);
- l'agriculture et les pêcheries;
- la foresterie;
- le tourisme et les loisirs;
- la gestion des déchets.

Comme les industries de la santé sont souvent de grosses machines qui oublient quelquefois que les soins et services de santé mobilisent quelque 10% du P.I.B. et produisent quelques déchets et ont d'autres impacts, il est bon de mettre aussi de l'ordre chez soi et d'ajouter :

- soins et services de santé.

Les autres critères, à part l'importance habituelle des impacts dans ces secteurs, seront les innovations technologiques qu'il est sage d'analyser à fond avant l'implantation et l'intérêt suscité dans la population, auquel tout organisme de santé *publique* doit demeurer sensible. L'ampleur prévue des initiatives sera, bien sûr, déterminante.

Certaines autres caractéristiques doivent susciter l'attention des autorités de santé publique (PEHB, 1997). Il s'agira notamment de :

- la possibilité de changements démographiques, ou géographiques substantiels pour une collectivité, incluant les impacts d'infrastructure;
- la possibilité d'une exposition humaine à des contaminants physiques, chimiques ou biologiques;
- la possibilité d'un impact pour des groupes vulnérables (eg. enfants, personnes âgées, malades chroniques;
- la possibilité d'impacts sur les vecteurs environnementaux de maladies ou les ressources récréatives;
- la possibilité d'impacts sur la chaîne alimentaire, incluant les sols agricoles;

- la possibilité d'impacts sur les risques de sinistres.

Soulignons l'importance grandissante de ce qu'on appelle maintenant les «changements globaux», appelation qui englobe les changements climatiques, la diminution de la couche d'ozone, la modification des écosystèmes, etc. et de leur rôle connu ou présumé dans l'augmentation des sinistres, les nouvelles infections émergentes, l'extension des aires pour certains vecteurs de maladies tropicales ou pour les algues toxiques, etc.

Tableau : 2.2 Degré d'intervention suggéré pour les organismes de santé publique centraux

	Initiative de faible ampleur	**Initiative de grande ampleur**	**Initiative de grande ampleur avec innovation technologique ou fort intérêt public**
Secteurs économiques à forts impacts environnementaux	moyenne	grande	très grande
Secteurs économiques à moindres impacts environnementaux	légère	moyenne	grande

Il arrive fréquemment que l'on voie se multiplier des petits projets à l'échelle d'une région ou d'une province, voire du pays. Ainsi, ces dernières années ont vu la multiplication de projets de porcheries dans plusieurs régions canadiennes. Prise individuellement, une porcherie peut sembler relativement de faible impact environnemental et sanitaire. Mais lorsqu'on retrouve cinquante projets similaires dans un même bassin versant, cela devient un très grand impact. Il en va de même pour la multiplication des centrales thermiques ou des petits barrages hydroélectriques, par exemple. Il faut donc savoir situer un projet dans son contexte plus général pour faire une analyse adéquate.

Au niveau local ou régional

Les critères précédents (niveau ministériel) s'appliquent ici aussi. Il faut cependant leur ajouter des critères portant davantage sur l'ampleur d'un projet (exprimé ici en termes monétaires) en fonction de la taille de la collectivité touchée. Les niveaux d'implication

des autorités de santé publique et de leurs partenaires pourront s'inspirer des paramètres du tableau 2.4 :

Tableau 2.4 : Degré d'intervention suggéré pour les organismes de santé publique régionaux ou locaux

Types de collectivité	Petit projet << 1 m$	Projet moyen 1 à 10m$	Gros projet 10m à 1mm $	Très gros projet >> 1mm $
petite / isolée	légère	grande	très grande	très grande
petite << 10k habitants	légère	moyenne	grande	très grande
moyenne 10k à 100k habitants	légère	légère	grande à très grande	très grande
grande >>100k ou très grande >> 1m habitants	légère	légère	moyenne à grande	grande à très grande

Les secteurs d'activité à fort impacts environnementaux demeurent les mêmes à cette échelle.

On peut définir les degrés d'implication des autorités de santé de plusieurs façons, mais il est proposé ici quelques balises à titre indicatif du type d'efforts souvent nécessaires pour documenter les volets de santé publique :

- *Intervention légère* : utilisation de guides, revues de littérature simples; vérification du respect des normes en vigueur, consultation informelle par informateurs clé; avis écrit succinct.

- *Intervention moyenne* : items précédents; plus consultation informelle d'experts et d'informateurs-clé; vérification du respect des normes les plus strictes en vigueur dans le monde; avis écrit court.

- *Intervention grande*: revue littérature exhaustive; consultation formelle d'experts; tenue d'une consultation publique formelle; analyse de risque; rapports et mémoire; diffusion selon modes habituels.

- *Intervention très grande* : items précédents, plus sondages, enquêtes épidémiologiques, études psychosociales; rapports et mémoires; activités de diffusion importantes.

Ces deux derniers niveaux d'intervention demeurent souvent l'apanage d'équipes importantes que l'on retrouve surtout dans les ministères, instituts ou universités. Mais ils peuvent aussi être gérés par un organisme régional s'il peut compter sur un support d'expertise adéquat; on retrouve en effet fréquemment des projets d'ampleur dans les régions plus périphériques. La participation active de l'organisme de santé publique régional et des professionnels de la santé qui auront à gérer l'implantation du projet dans le futur demeure en effet essentielle et incontournable.

3.0 LE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LA SANTÉ : Un cadre intégrateur pour la santé publique en évaluation environnementale

3.1 Introduction

Les sections précédentes ont jusqu'ici proposé un rôle critique pour le professionnel de la santé en évaluation environnementale. Pour exercer ce rôle adéquatement, pour être en mesure d'appuyer ses avis sur des critères solides, il est important de partager une vision du monde commune. Cette vision commune doit intégrer des valeurs de protection de la santé, de prévention des risques ou maladies, et de promotion des comportements et environnements favorables à la santé. Elle doit aussi savoir intégrer les aspects du développement économique ainsi que du développement des écosystèmes et de l'environnement. Cette approche s'appelle le développement durable, et est maintenant inscrite dans plusieurs lois aux niveaux fédéral ou provincial, et dans plusieurs conventions internationales. Même la très conservatrice organisation de coopération et de développement économique veut utiliser ce concept pour orienter ses actions futures (OCDE, 1997).

3.2 Définitions

Il existe de nombreuses discussions et d'excellentes publications sur la définition du développement durable. Certaines publications négligent le volet de santé humaine (p. ex. CCME, 1993), alors que d'autres le mettent à l'avant-plan (Santé Canada, 1997), selon bien sûr les mandats respectifs de chacun. Il est préférable, en matière d'évaluation environnementale, de voir dans le volet santé une composante importante du développement durable, au même titre que les volets économique et environnemental (figure 3.1). Cette approche rend justice à l'interdépendance des déterminants d'un développement sain et équitable.

Figure 3.1 : La santé au sein du développement durable

Activités d'origine naturelle				Réponse naturelle
	Équité	Économie	Durabilité	
		SANTÉ		
	Système social		Environnement	
Activités humaines		Visibilité		Réponse humaine

Si les professionnels de la santé incluent généralement le volet social dans leur définition de la santé, la tradition est différente en matière d'évaluation environnementale. Ainsi, les praticiens de l'évaluation environnementale classent souvent la santé comme un aspect du volet social des études, notamment pour tout ce qui n'est pas toxicologie ou risques technologiques (qui sont habituellement classifiés sous le volet environnemental). Ces classifications importent peu une fois qu'on en connaît l'existence et qu'on réalise qu'elles dépendent avant tout des formations respectives des auteurs.

L'important est plutôt de savoir quels objectifs vise le développement durable et d'en déduire quelques principes opérationnels utiles pour l'avis de santé publique. À cet effet, nous croyons que le courant de pensée proposé par Robert Goodland et Herman Daly (1995) présente de grandes similitudes avec les orientations officielles des gouvernements à travers le Canada en matière de santé, d'environnement et d'économie (voir annexe 1). La difficulté demeure de mettre en pratique, dans nos décisions quotidiennes, les objectifs présentés à la figure 3.2.

Figure 3.2 : Objectifs de durabilité socio-sanitaire, économique et environnementale

OBJECTIFS SOCIO-SANITARE
l'habilitation
la participation
l'équité
alléger la pauvreté
la cohésion sociale
stabilité de la population et de la santé
développement d'nstitutional

OBJECTIFS ÉCONOMIQUE
développement pour tous les pays
développement pour ldcs
l'efficacité
alléger la pauvreté
l'équité

OBJECTIFS ENVIRONNEMENTALE
limites biophysiques de l'écosystème global
la capacité d'assimilation de l'environnement
stabilité climatique
conservaterion de la biodiversité

Comme le suggérait Gro Harlem Bruntdland, lors de la publication du rapport ayant proposé le concept (CMDE, 1987), tout développement durable est ultimement orienté par la santé humaine, qui puise aux trois volets de la durabilité sociale, économique et environnementale. Il s'agit donc ici d'un objectif ambitieux, certes, mais susceptible de nous donner une vision concrète des buts à atteindre par le

développement notre société sous l'aspect de la promotion et de la protection de la santé publique.

3.3 Importance des trois sphères du développement durable

Certains pourront ne pas être familiers avec les études scientifiques ayant mené au concept du développement durable. Nous présentons en bibliographie plusieurs références pouvant permettre au lecteur d'approfondir le concept au besoin. Signalons ici quelques données de base pour situer le lecteur, notamment en regard des notions d'écosystèmes, d' économie et de système social.

3.3.1 Écosystèmes

La tendance lourde observée au cours du 20e siècle peut se résumer à une explosion démographique et à une détérioration marquée de plusieurs écosystèmes un peu partout sur le globe. La population de la planète a été multipliée par cinq en moins de cent ans, et la demande en eau douce, en sols agricoles, en énergie, en bois, en poissons, et bien d'autres ressources a souvent dépassé les capacités des écosystèmes à les renouveler. C'est en tout cas le point de vue de tous les organismes
des nations-unies et de milliers de scientifiques à travers le monde, qui constatent que l'espèce humaine occupe de plus en plus d'espace au détriment des autres espèces et du fonctionnement même des cycles d'épuration de l'eau, de l'air et des sols (keating et al, 1997). En y ajoutant quelques innovations technologiques aux effetspolluants inatendus, comme les bpc ou l'automobile, on se retrouve en situation difficile.

Il faut en outre noter que plusieurs des services rendus par les écosystèmes, comme l'épuration de l'eau, de l'air, le recyclage des déchets ou la production de nourriture ne sont jamais comptabilisés dans nos systèmes de comptes nationaux, dont la statistique la plus connue est le produit intérieur brut (PIB). Souvent, dans notre système économique actuel, le fait de ne pas donner de valeur monétaire à ces écosystèmes fait qu'ils n'existent pas ou peu pour les gestionnaires. Leurs services (voir tableau 3.1) sont pourtant irremplaçables : les nappes phréatiques ou l'atmosphère ne se
vendent pas au supermarché!

Tableau 3.1 : Classification des services rendus par les écosystèmes : classification (d'après Costanza et al., 1997)

1. Régulation du gaz
2. Régulation du climat
3. Régulation des perturbations
4. Régulation des eaux
5. Alimentation en eau
6. Lutte contre l'érosion et accumulation de sédiments

7. Genèse des sols
8. Cycles nutritifs
9. Traitement des déchets
10. Pollinisation
11. Lutte biologique
12. Stations refuges
13. Reproduction alimentaire
14. Matières premières
15. Ressources génétiques
16. Loisirs
17. Culture

Une première étude publiée récemment (Costanza et al., 1997) a estimé la valeur monétaire des services rendus par les écosystèmes dans différents biomes (marins, terrestres, etc.). L'estimation, considérée conservatrice par les auteurs, s'établit à 33 billions de dollars US (ou 33 000 milliards) par année, alors que le produit intérieur brut de la planète est d'environ 18 milliards $ par an. La plupart de ces services écologiques sont des prérequis à la vie sur terre et souvent à la base de toute activité économique. Pourtant, ils n'entrent encore jamais (ou presque), dans les études coûts/bénéfices et encore très peu dans le processus de prise de décision. Plusieurs éléments militent donc en faveur de la protection rigoureuse des écosystèmes qui permettent la vie, y compris la vie humaine et les activités économiques, car ils possèdent en plus la caractéristique d'être souvent irremplaçables.

3.3.2 Économie

Plusieurs centaines d'études présentent maintenant les effets sur la santé d'un revenu adéquat ou au contraire déficient. Cette variable est même si puissante que toutes les études épidémiologiques la contrôlent pour tenter d'isoler l'effet de facteurs étiologiques moins forts.

Différentes publications internationales font le lien entre un faible revenu et un piètre état de santé dans les pays en voie de développement (p. ex. UNDP, 1997), mais ces disparités existent ici même au Canada (ACSP, 1997). Certaines de ces études mettent en évidence des différences d'espérance de vie de l'ordre de 10 ans entre les résidants de quartiers pauvres et riches d'une même ville. La relation peut être indirecte, comme dans le cas des comportements néfastes pour la santé, mais aussi directe,. On citera ici l'exemple de l'effet du stress permanent induit par l'insécurité matérielle (voir par ex. Evans et al., 1994). Cet effet semble aussi cumulatif, avec une courbe dose-réponse (Lynch, 1997).

Il suffit généralement d'un revenu moyen pour s'assurer d'un très bon état de santé, au-delà d'un certain minimum vital. Ainsi, l'expérience de plusieurs pays montre que les

investissements dans les soins de santé primaires (vaccination, soins aux femmes enceintes), dans l'éducation et dans l'hygiène du milieu (eau de consommation, gestion des déchets, qualité de l'air), semblent des facteurs décisifs sur la relation entre l'économie et la santé. Il ne suffit donc pas d'avoir un revenu suffisant, il faut aussi que des décisions saines soient prises par les gouvernements et que ceux-ci investissent dans une gestion adéquate de la protection contre la pollution, la prévention des dégradations environnementales et la promotion des avantages et bénéfices des écosystèmes.

3.3.3 Système social

Les liens sont bien sûr étroits entre le système économique et le système social, car ils s'influencent mutuellement; il y a aussi des liens directs et indirects entre la santé et le système social.

Même pour les professionnels de la santé du Canada, il n'est sans doute pas inutile de rappeler que le déterminant de la santé les plus puissant, après le bagage génétique et l'âge, est probablement l'environnement social (Evans et al., 1994, p. 74). Ainsi, l'ensemble des rapports qui s'établissent entre les individus ou les groupes d'individus participent à influencer leur état de santé : il s'agit ici de l'organisation du travail, de la criminalité, de la structuration du pouvoir, de la culture et de ses influences alimentaires, etc; certains ajoutent à ce volet l'équité de la distribution des revenus dans la société. La notion de contrôle sur sa vie semble aussi des plus importantes, tout comme l'est la capacité à pouvoir s'appuyer sur la famille ou un réseau de support social en cas de difficultés. Des écarts de mortalité ou de morbidité importants peuvent être mis en évidence dans les situations de faible contrôle sur sa vie professionnelle, par exemple. Les études de Marmot (1988) chez les fonctionnaires anglais montrent des taux de mortalité standardisés (pour l'âge) trois fois plus élevés chez les employés de niveau inférieur par rapport aux cadres supérieurs. Les études de Wilkinson (1989, 1992) établissent aussi dans le temps et entre les pays des différences similaires au niveau des populations et de l'équité dans la distribution des ressources matérielles. Un chapitre du troisième volume porte sur ce sujet.

Ces différences sanitaires peuvent être réduites de façon significative si des investissements judicieux (éducation, soins primaires, gestion environnementale) sont faits par les gouvernements (Caldwell, 1986), comme en témoignent les expériences de plusieurs pays de niveau économique comparable mais de niveau sanitaire fort différent. L'équité dans la distribution des revenus entre les individus s'avère aussi une variable clé qui influence beaucoup l'état de santé de la population. Ainsi, des pays de richesse équivalente auront un niveau de santé supérieur si la distribution des revenus est plus équitable.

Le stress social, lorsqu'il augmente, peut aussi détériorer significativement la santé d'une population. L'expérience récente de la Russie à cet égard est éloquente (LEON, 1997).

Ainsi, pour l'année 1994, un homme russe n'avait que 50 % des chances de dépasser l'âge de 60 ans, alors qu'un Canadien du même âge a plus de 90 % des chances de vivre. Une analyse des causes de cette nouvelle situation (Notzon, 1998) inclut bien sûr le tabac, l'alcool, une nutrition déficiente, mais aussi l'instabilité économique et sociale intense, la dépression et la détérioration des soins de santé.
L'espérance de vie des hommes russes a décru d'environ 7 ans de 1990 à 1995.

3.4 Le développement durable au quotidien

Plusieurs des thèmes soulevés ci-dessus sont peu ou pas connus des décideurs économiques et politiques. Les professionnels de la santé doivent donc faire un travail de diffusion des connaissances dans le cadre des avis de santé publique en évaluation environnementale.

De façon concrète pour une évaluation environnementale, adopter le cadre du développement durable comme critère des avis de santé publique signifie que les organismes de santé présentent une opinion sur

- la probabilité des effets que les niveaux de contaminants ou de nuisance prévus auront sur la santé et sur la qualité de vie et, le cas échéant, les niveaux jugés souhaitables par les organismes de santé;

- l'équité prévisible dans la répartition des risques, des inconvénients et des avantages et, le cas échéant, la répartition jugée souhaitable par les organismes de santé.

- l'effet de l'initiative envisagée sur la préservation des écosystèmes essentiels à la vie et les services qu'ils nous rendent et, le cas échéant, les mesures de préservation jugées souhaitables par les organismes de santé.

La plupart des initiatives, projets, programmes ou politiques comportent des aspects positifs et négatifs, qu'il faut savoir équilibrer quant à leurs effets sur la santé publique. Mais plusieurs des actions utiles pour orienter le développement d'une société vers le développement durable sont des décisions de société, qui se prennent progressivement et souvent lentement. Il pourra donc aussi s'avérer utile de proposer des actions concrètes de compensation ou de mitigation à l'égard de projets précis. Ces actions pourront être, par exemple, la plantation de forêts ou la création de milieux humides pour compenser les pertes qu'occasionne une nouvelle construction, ou la constitution d'une fiducie de développement social pour une collectivité qui subit les inconvénients résiduels d'une nouvelle usine.

Il peut s'avérer en effet délicat pour un organisme de santé publique de s'opposer à la réalisation d'un projet donné sur la base du développement durable. Une attention plus

grande à ce critère sera, par contre, tout indiquée pour les politiques et programmes gouvernementaux, ou encore pour les mégaprojets (ou série de projets) qui peuvent aussi avoir un même impact majeur sur l'orientation d'une société. Ainsi, les politiques d'approvisionnement énergétique, les programmes de subventions favorisant l'automobile, ou les complexes hydroélectriques en territoire vierge sont des exemples de situations à impacts importants qui doivent maintenant subir l'épreuve du développement durable.

Ce concept impose l'existence d'une limite implicite à l'utilisation des ressources. On reconnaît de telles limites pour l'utilisation d'ascenseurs ou de ponts; les parkings ont un nombre limité de places, et on ne peut pêcher plus de truites qu'il n'y en a dans le lac, nous dit le bon sens. Mais, il semble qu'une partie des membres de notre société n'admet pas que des limites similaires s'appliquent aussi à l'utilisation de la nature par l'humain (Carins, 1997). L'économiste Kenneth Boulding (1966) résumait bien cette position, il y a déjà plus de 20 ans, lorsqu'il faisait observer qu'il n'y a qu'un fou ou un économiste pour croire que la croissance exponentielle peut se poursuivre à l'infini dans un monde fini.

Dans le cadre de l'examen d'un projet, il faut le rappeler, l'avis de santé publique portera principalement sur les effets sur la santé et la qualité de vie des contaminants, et sur l'équité dans la distribution des risques et avantages. Le volet d'examen de l'intégrité des écosystèmes s'applique davantage à l'évaluation de type stratégique, ou lorsque des mégaprojets ou séries de projets sont présentés. Au niveau du simple projet, on cherchera davantage à préserver l'utilité récréative et culturelle de l'écosystème, tout en admettant qu'il peut être quelquefois difficile d'éviter certains inconvénients : l'important devient alors de remplacer adéquatement la perte d'écosystème subie, à proximité ou ailleurs dans la région.

3.5 Objectifs concrets en développement durable

À l'encadré 3.1, il est proposé quelques catégories de principes concrets en matière de développement durable qui peuvent permettre de baliser les règles à suivre pour l'implantation d'un projet d'importance ou d'une politique (ÉcoSommet, 1995). Ces principes ont été élaborés lors d'une vaste consultation multipartite sur le développement durable menée au Québec de 1994 à 1996 et visant la mise sur pied de projets en développement durable. Ils s'inspirent des grandes orientations de l'Agenda 21 (Keating, 1993), de l'OMS (1992), de plusieurs publications canadiennes sur le sujet (dont CCME, 1993; NRTEE, 1993, 1994). Ces principes ont pour utilité éventuelle de servir de critères pour l'examen des projets et politiques soumises pour examen, et d'orienter vers une série d'actions utiles à l'implantation d'un développement durable.

Encadré 3.1 : Principes concrets en développement durable

Milieux biophysiques

Ressources naturelles (y inclus les ressources énergétiques) : au niveau des ressources naturelles, le développement durable vise une gestion rationnelle incluant l'accès équitable aux ressources renouvelables et non renouvelables. Les principes de base sont notamment :

- ne pas dépasser le taux de régénération des ressources naturelles renouvelables;
- n'exploiter les ressources non renouvelables qu'à un rythme et à un prix qui permettent leur remplacement éventuel par des ressources renouvelables;
- améliorer les connaissances et le monitoring des ressources naturelles;
- favoriser la protection des ressources naturelles en réduisant les pressions exercées sur elles (surconsommation, pollution de l'air, de l'eau et du sol), notamment des lieux présentant un attrait particulier.

Biodiversité et habitats : le développement durable vise à préserver l'intégrité des écosystèmes par une gestion intégrée. Les principes de base sont notamment :

- minimiser la perte de la diversité des gènes, des espèces et des écosystèmes;
- assurer la conservation des paysages et des habitats, incluant les patrimoines naturels et bâtis;
- réaménager et restaurer des habitats altérés ou détruits;
- limiter ou prohiber les activités humaines pouvant se traduire par des effets négatifs sur les espaces naturels et les cadres bâtis;
- harmoniser les activités humaines avec les milieux naturels.

Milieux humains

Santé : le développement durable implique également des interventions afin de protéger et promouvoir la santé ainsi que prévenir les maladies. Les principes de base sont notamment :

- réduire les rejets gazeux, liquides et solides, minimisant ainsi les risques pour la santé publique par la contamination des aliments, de l'eau, de l'air et du sol;
- développer et améliorer des plans d'urgence en cas de sinistre environnemental ainsi que des mesures de surveillance environnementale et de l'exposition de la population aux substances nocives pour la santé humaine;
- substituer des technologies et des matières dangereuses en milieu de travail par des produits et technologies de remplacement moins nocifs;
- mettre en place les conditions permettant la pratique de saines habitudes de vie (exercice physique, nutrition, lutte au tabagisme, etc.).

Qualité de vie : l'amélioration de la qualité de vie est une facette importante du développement durable. Les principes de base sont notamment :

- réduire ou éliminer les nuisances (bruit, odeurs, déchets, paysages dégradés) qui affectent la qualité de vie des populations humaines que ce soit en milieu urbain ou rural;
- promouvoir la revitalisation des milieux ruraux et urbains;
- rendre la nature et la culture accessibles au public par l'entremise de loisirs et d'activités communautaires;
- développer un environnement social et physique qui favorise la diffusion de l'information et la participation des citoyens de tout âge à la gestion de la collectivité.

Économie et emploi : le concept de développement durable implique que les interventions s'y rattachant soient économiquement viables et équitables pour les populations, notamment en ce qui a trait au développement régional. Les principes de base sont notamment :

- créer des emplois, en particulier pour les jeunes résidents dans des quartiers ou des régions aux prises avec des taux élevés de chômage et d'assistance sociale;
- améliorer et maintenir la qualité de vie dans le cadre des emplois existants;
- internaliser les coûts et bénéfices des effets externes (ex : pollution) des projets, y compris pour l'aspect de la protection de la santé publique;
- améliorer le niveau d'éducation et de formation des individus leur permettant ainsi de jouer un rôle actif dans la société.

Intervenants

L'atteinte des objectifs du développement durable nécessite une concertation de tous les intervenants, soit autant les individus, les entreprises, les organisations privées et publiques que les gouvernements.

Citoyen : il n'y a pas de développement durable sans l'implication active des citoyens. Les principes de base sont notamment :

- mettre sur pied des mesures auprès des citoyens de façon à modifier les attitudes, les habitudes et les comportements de la population en réduisant la surconsommation de l'eau, de l'énergie, de ressources naturelles et de produits chimiques ainsi qu'en limitant la production de déchets dommageables pour l'environnement;
- intensifier les mesures relatives à la réduction, au réemploi, au recyclage et à la valorisation des matières premières et secondaires;
- supporter les actions concrètes de concertation visant la responsabilisation des citoyens et de leurs organismes en regard de leurs propres impacts individuels sur l'environnement;
- rechercher l'équité dans la répartition des avantages et des inconvénients du développement;

Entreprises et organisations privées et publiques : l'implication du patronat, des entreprises, des travailleurs ainsi que des organisations privées et publiques s'avère nécessaire pour intervenir à de multiples niveaux. Les principes de base sont notamment :

- réduire et contrôler la pollution de l'air, de l'eau et du sol;
- limiter le niveau de production des biens et services nocifs pour les écosystèmes et la société humaine;valoriser les aspects qualité et durabilité des biens et services;
- voir à ce que la pollution et les déchets produits n'excèdent pas ce que l'environnement est en mesure d'absorber;
- instaurer la réduction, la réemploi, le recyclage et la valorisation des matières premières et secondaires;
- orienter le progrès technologique de façon à ce qu'il augmente l'efficacité de la production en utilisant moins de ressources naturelles, énergétiques et hydriques.
- élaborer et utiliser des technologies nouvelles et plus performantes sur le plan environnemental.

Gouvernements : les différents paliers gouvernementaux demeurent des acteurs majeurs dans la promotion du développement durable. Les principes de base sont notamment :

- promouvoir l'éducation et la sensibilisation de tous les groupes sociaux (population, organismes non gouvernementaux, universités et industries) face à l'importance du développement durable;
- prévoir et prévenir les problèmes plutôt que de tenter de les résoudre une fois qu'ils sont survenus;
- améliorer et adapter les politiques, les législations ainsi que les mesures financières et fiscales déjà existants dans le but d'encourager les activités protégeant et améliorant les écosystèmes et de décourager celles leur nuisant (surconsommation de ressources naturelles, déchets solides et dangereux, effet de serre, précipitations acides et amincissement de la couche d'ozone);
- organiser l'information (outils d'évaluation, bilans indicateurs) de façon à ce qu'elle soit accessible (fiable, disponible et factuelle).

4.0 ANALYSE DES DONNÉES SUR LES RISQUES POUR LA SANTÉ

4.1 Introduction

Il s'avère généralement facile d'obtenir les données nécessaires pour le volet des bénéfices d'un projet, d'un programme ou d'une politique, car les promoteurs se chargent habituellement de développer cet aspect de façon importante. La qualité des données sur les avantages et bénéfices d'un projet peut varier, et devra être examinée au moins sommairement. Cet élément est discuté davantage au Chapitre 6 ainsi qu'au troisième volume (voir sections sur l'économie et sur les évaluations d'impact social).

Par contre, l'aspect de l'évaluation des données portant sur les risques peut s'avérer un exercice plus difficile. Le public s'attendra généralement à ce que l'organisme de santé publique responsable fasse un examen exhaustif de la question, et que le bilan final des risques tende vers zéro. Les promoteurs, d'autre part, s'attendent à un examen qui recommandera un niveau de risque acceptable ou raisonnable. La définition de ces derniers termes demeure toujours un peu floue, puisque les personnes qui subissent les risques ne sont pas souvent les mêmes qui profitent des bénéfices. Ce problème de la gestion des risques et de leur acceptabilité est discuté au Chapitre 6.

4.2 Problèmes communs à toutes les analyses

Voici ici une brève description de certains problèmes fréquemment rencontrés lors de la préparation ou de l'analyse d'une évaluation environnementale.

4.2.1 Échelles spatiale et temporelle

Il peut s'avérer difficile de déterminer une échelle unique d'analyse pour les impacts sur la santé. Au niveau spatial, la zone d'influence varie selon le mode d'exposition au facteur de risque. Le panache d'une cheminée, par exemple, couvre une surface différente de la zone affectée par le bruit, et les retombées économiques peuvent aussi voyager). Au niveau temporel, certaines toxicités sont aiguës, d'autres chroniques, ou même transgénérationnelles. Il est donc important de préciser, pour chacun des risques d'importance, quelles sont les échelles spatiales et temporelles souhaitables.

4.2.2 Groupes à risque

Ici aussi, les groupes qui seront considérés à risque pourront varier selon le type de problème. De façon générale, on sait que certaines personnes sont plus exposées à certains contaminants en raison de :

- leur physiologie (p. ex. nouveau-nés, enfants, femmes enceintes ou qui allaitent, personnes âgées);
- leurs maladies (p. ex. immunosupprimés, patients avec maladies respiratoires, allergiques);
- leurs habitudes de vie (p. ex. diète riche en gibiers chez les autochtones, tabagisme);
- leurs comportements (p. ex. porter les objets à la bouche chez les enfants);
- leurs conditions de vie précaires (p. ex. immigrants).

Il s'avère là aussi important de préciser pour chacun des facteurs de risque d'importance quels sont les populations d'intérêt pour l'analyse. Ainsi, certains groupes sociaux sont plus susceptibles que d'autres de voir leur qualité de vie affectée par un projet, selon divers facteurs tels la répartition des emplois disponibles et la formation exigée, les pratiques internes de gestion du personnel de l'entreprise qui s'installe, la distribution des impacts au niveau de l'utilisation du territoire, etc.

4.2.3 Travailleurs

Les travailleurs représentent généralement les groupes les plus exposés aux contaminants, mais il demeure difficile de prédire dans une étude d'impact environnemental leur exposition et les mesures concrètes à prendre, même si cela serait souhaitable.

En effet, il s'avère quasiment impossible de simuler adéquatement les émissions de contaminants d'un procédé industriel avant l'étape de l'ingénierie détaillée, laquelle survient après qu'un promoteur a obtenu les autorisations nécessaires au démarrage du projet. Il faut donc plutôt mettre l'emphase sur des programmes de santé et sécurité au travail qui utilisent les meilleures pratiques disponibles pour le monitoring environnemental et la surveillance sanitaire. Ceci s'applique à toutes les étapes d'un projet, mais les phases les plus à risque demeurent la construction et le rodage.

Il faut de plus signaler l'aspect des rapports qui s'établissent entre les nouveaux travailleurs et les populations locales et qui peuvent s'avérer particulièrement importants dans certaines situations. On donnera pour exemple le cas d'un chantier majeur dans une

région isolée. Ces relations peuvent influencer, positivement ou négativement, la santé des individus et celle des collectivités.

4.2.4 Nouvelles technologies

Il arrive souvent que de nouvelles technologies soient proposées dans un projet faisant l'objet d'une évaluation environnementale. Ceci complique souvent l'analyse en raison du peu de données disponibles sur cette nouvelle technologie. Certains principes généraux peuvent aider à évaluer le rendement potentiel de ces nouvelles technologies :

- il existe, dans la plupart des procédés industriels, un incitatif financier à utiliser le moins de ressources naturelles possible (p. ex. eau, bois, énergie), si ces ressources sont vendues au prix du marché. On pourra donc comparer l'efficience d'une nouvelle technologie par rapport à la technologie remplacée sous l'aspect des ressources consommées par unité de production. Une plus grande efficience implique moins de rejets par unité de production; il faudra cependant tenir compte du volume total produit.

- il faut examiner l'expérience et le sérieux du promoteur et de ses consultants pour des projets similaires dans le passé.

- les propositions du promoteur pour la surveillance de la performance de la technologie, le monitoring des émissions et leur contrôle doivent faire preuve d'une grande rigueur et d'une transparence exemplaire.

4.2.5 Pertinence des données sanitaires existantes

On constate plusieurs problèmes méthodologiques importants lorsque l'on veut utiliser les donnés sanitaires existantes en évaluation environnementale (Davies, 1997) :

- l'information en matière de santé est recueillie habituellement dans un but précis et il peut être difficile de la modifier ou de l'adapter en vue de l'évaluation environnementale. Par exemple, la plupart des données médicales sont difficilement utilisables en évaluation environnementale parce qu'elles sont recueillies pour la facturation par les médecins, les assurances et la planification des soins de santé ou l'étude de leur utilisation. La précision des diagnostics est donc très variable.

- bien que la plupart des pays disposent de statistiques sur la santé, on manque souvent d'information sur l'état de Santé et les déterminants de la santé dans une collectivité donnée ou au niveau individuel. En particulier, il y a souvent peu de données disponibles sur la morbidité, l'état psychologique et les facteurs socio-économiques.

- l'information en matière de santé est rarement mise en rapport avec la qualité de l'environnement. Même si l'environnement biophysique est un déterminant de la Santé,

l'étude de l'influence exacte que pourrait avoir l'environnement sur la santé est toujours au stade embryonnaire, et la relation cause à effet difficile à établir au niveau individuel.

4.2.6 Méthodologies

Différentes méthodologies peuvent être utiles en évaluation des effets sur la santé. Le tableau 4.1 présente succinctement les principales méthodes utiles en évaluation environnmentale. Le troisième volume présente plusieurs de ces méthodologies qui ont toutes leur place selon les sujets. Mais il nous semble important de préciser que toute méthodologie présente des avantages et des inconvénients (voir aussi Davies, 1997, tableau 3). Une bonne dose de jugement professionnel s'impose donc pour décider de l'approche à retenir. Cette décision devra aussi tenir compte des coûts et des expertises disponibles dans une équipe donnée. L'utilisation d'un système d'information géographique (SIG), par exemple, demande encore aujourd'hui un investissement important, sans pour autant constituer une panacée. Les praticiens d'expérience en évaluation environnementale comme Canter (1998) soulignent que les méthodes qui ont subi l'épreuve du temps sont celles qui sont les plus simples en termes de données, de personnel ou de technologies requises. Ces méthodes incluent notamment l'étude de cas analogues, les listes de contrôle, les opinions d'experts et les matrices.

L'important demeure d'effectuer une démarche cohérente et d'en faire rapport de façon transparente, c'est-à-dire en précisant ses limites. Il demeure toujours préférable de consulter quelques experts ou quelques groupes de citoyens par téléphone que de ne rien faire; il s'agit après tout d'une méthodologie peu coûteuse et efficace.

Le prochain chapitre présente des exemples de risques fréquents rencontrés pour certains types de projets.

Tableau 4.1 : Brève description de 22 types de méthodes d'éle (Canter, 1998)

1.	***	La méthode des analogues consiste à se référer à des renseignements fournis dans des projets existants comparables à celui en question, en suivant de près l'information relative aux effets constatés. Par analogie, on peut ainsi anticiper les effets qu'aura le projet à l'étude.
2		Il existe maintes sortes de listes de contrôle et c'est là une méthodologie fréquemment utilisée. En théorie, une liste de contrôle comporte une série de points, de problèmes et de questions concernant les effets et sur lesquels l'utilisateur devrait se pencher.
3		Les listes de contrôle axées sur les décisions permettent essentiellement de procéder à des comparaisons et à des analyses des compromis associés aux différentes options. De ce fait, cette méthode est utile pour synthétiser l'information

sur chacune des notions envisageables.

4 Les analyses coûts-avantages environnementales sont une nouvelle méthode qui est en train de se répandre. Allant au delà de l'analyse coûts-avantages traditionnelle, elles accordent une importance toute particulière à la valeur économique du patrimoine naturel et à l'évaluation des effets du projet proposé et des autres solutions sur ce patrimoine.

5 L'opinion d'expert consiste aussi en un avis professionnel et est également une méthode courante. Parmi les méthodes pouvant être utilisées pour faciliter l'acquisition d'information, on citera la méthode delphi, le processus d'évaluation adaptative de l'environnement pour délinéer les modèles qualitatifs/quantitatifs qui serviront à prédire les effets, et l'élaboration, à part, de modèles pour les processus environnementaux.

6 Les systèmes experts désignent une nouvelle méthode qui consiste à faire appel aux connaissances professionnelles et au bons sens de spécialistes dans certains domaines pertinents. Une fois codées, au moyen de diverses règles ou heuristiques, ces connaissances servent à créer des systèmes experts vides pour des logiciels informatiques.

7 Les indices ou indicateurs consistent en des caractéristiques ou des paramètres choisis concernant le milieu ou les ressources et qui représentent des mesures plus générales de la qualité ou de la quantité de ce milieu ou de ces ressources. Pour être plus précis, les indices renvoient à des données numériques ou catégoriques pouvant servir à décrire les incidences anticipées et évaluées sur l'environnement. Les indices sont le plus souvent fondés sur des indicateurs choisis et sur leur évaluation.

8 Les essais en laboratoire et les maquettes servent à effectuer des essais spécifiques et des expériences permettant de rassembler des données qualitatives/quantitatives sur les effets escomptés de certains types de projets, compte tenu de leur situation géographique.

9 Les méthodes d'évaluation du paysage sont surtout utiles pour évaluer les ressources esthétiques ou visuelles. On se sert pour ce faire d'indicateurs que l'on combine ensuite avec d'autres renseignements pertinents pour parvenir à une note globale pour l'inscription dans le milieu (similaire au numéro 7).

10 Les analyses documentaires consistent à assembler de l'information sur certains types de projets et sur leurs incidences habituelles. Comme indiqué pour les analogues, cette information peut être utile pour délinéer les incidences possibles, quantifier les changements escomptés et identifier des mesures de compensation.

11 Les bilans massiques sont des inventaires des conditions présentes que l'on compare aux conditions qui résulteraient des interventions proposées. Ces inventaires sont souvent utilisés pour les émissions de polluants atmosphériques et aquatiques ainsi que pour les déchets solides et les déchets dangereux devant être produits.

12 Les tableaux synoptiques d'interactions constituent un type de méthode fréquemment utilisé dans le cadre du processus d'éie. Différents types de tableaux synoptiques d'interactions ont été mis au point qui mettent l'accent sur diverses caractéristiques

souhaitées.

13 La surveillance (conditions de base) consiste en des mesures qui permettent de déterminer les conditions environnementales et d'interpréter l'importance des changements escomptés du fait des interventions envisagées.

14 La surveillance (études sur le terrain) des récepteurs à proximité d'analogues est une approche spécialisée en ce sens que l'on peut surveiller les incidences réelles de projets similaires à celui que l'on est en train d'analyser.

15 Les réseaux déterminent les liens et les rapports qui existent entre les mesures prises dans le cadre d'un projet et leurs incidences. On parle aussi d'arbres d'incidences, de chaînes d'incidences ou de diagrammes de conséquences. Les réseaux sont utiles pour montrer les liens entre les incidences primaires, secondaires et tertiaires.

16 Dans les débuts de l'éie, on pratiquait la superposition d'un projet à l'environnement, c'est à dire que l'on superposait des cartes sur une carte de base, ce qui permettait de montrer les différentes caractéristiques de l'environnement. L'accent au cours des dernières années a plutôt été sur l'application, le plus souvent au moyen d'un ordinateur, du système d'information géographique (sig). Il s'agit là d'une méthode de plus en plus utilisée.

17 Les photographies et les montages photographiques sont des outils utiles pour mettre en évidence la qualité visuelle du site et les incidences visuelles que les mesures envisagées pourraient avoir. Ce type de méthode est lié à l'évaluation du paysage.

18 Par modélisation qualitative, on entend les méthodes dans le cadre desquelles on se sert de données descriptives pour identifier les liens qui existent entre les différentes interventions et les effets qu'elles auraient sur les composantes environnementales. Ce type de modélisation repose le plus souvent sur l'opinion d'experts (avis de professionnels, comme décrit ci-dessus).

19 La modélisation quantitative (mathématique) désigne des méthodes pouvant être utilisées pour se pencher sur les changements spécifiques au niveau du milieu ou des ressources que l'on peut escompter à la suite des mesures envisagées. Les modèles quantitatifs peuvent être extrêmement simplifiés ou bien consister en des modèles en trois dimensions, produits à l'ordinateur, et qui nécessitent l'entrée de sommes importantes de données.

20 L'évaluation des risques désigne un nouvel instrument dont on se servait à l'origine pour mettre en place des normes environnementales axées sur la santé. Elle consiste à identifier les risques, à se pencher sur la relation dose-effet, à procéder à une évaluation de l'exposition et à évaluer les risques connexes. L'évaluation des risques peut se faire du point de vue de la santé humaine et des risques écologiques.

21 L'élaboration de scénarios consiste à envisager ce que pourrait nous réserver l'avenir en fonction de différentes hypothèses de départ. On se sert de cette méthode dans le domaine de la planification. Elle peut être utile pour l'éie, en particulier dans le cadre des évaluations environnementales stratégiques.

22 L'extrapolation des tendances regroupe des méthodes dans le cadre desquelles on prend des tendances historiques et on les applique à l'avenir en assumant que certaines conditions se maintiendront ou changeront.

5.0 AVIS ET INTERVENTIONS DE SANTÉ PUBLIQUE EN ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

5.1 INTRODUCTION

Les chapitres précédents ont illustré comment les interventions possibles pour un praticien de santé peuvent être multiples et diversifiées dans le domaine de l'évaluation environnementale. Les objectifs des interventions de santé publique peuvent ainsi se situer au niveau de la prédiction des impacts, de leur surveillance, de leur prévention, de leur mitigation, et souvent aussi de leur correction, après qu'ils se soient produits.

De plus, les avis et interventions de santé publique pouvent porter sur des projets précis, comme la construction d'une route ou d'une usine, mais aussi sur l'impact des lois, règlements, programmes et politiques de nature économique qui ont souvent des conséquences majeures sur notre environnement et notre santé.

Les outils disponibles sont variés et font appel à plusieurs disciplines, mais au bout du compte, ce qui demeure le plus important, c'est l'analyse et l'interprétation qui en sera faite par le professionnel de la santé. Car même si la meilleure information est disponible, encore faut-il la rendre compréhensible et utile pour le public et les décideurs. C'est la responsabilité du praticien de la santé de faire cette interprétation pour le volet touchant la santé publique.

Le cadre du développement durable a été retenu comme critère général de cette analyse de santé publique, laquelle porte principalement sur :

- la probabilité d'effets sur la santé et sur la qualité de vie aux niveaux de contaminants ou de nuisances prévus et, le cas échéant, sur les niveaux souhaitables.

- l'équité prévisible dans la distribution des risques ou inconvénients, et des bénéfices ou avantages et, le cas échéant, sur leur distribution souhaitable.

- l'effet de l'initiative sous examen sur la préservation des écosystèmes essentiels à la vie et des services qu'ils nous rendent et, le cas échéant, sur les mesures de préservation souhaitables.

L'objectif de l'avis de santé publique sera de contribuer à l'inclusion des mesures adéquates pour :

- la protection de la santé et la sécurité publiques;

- l'élimination, la réduction ou la mitigation des impacts environnementaux et sociaux ayant des effets négatifs sur la santé et la qualité de vie;
- la promotion des impacts bénéfiques à la santé et à la qualité de vie;
- le maintien et l'amélioration des écosystèmes essentiels à la vie.

Cette approche rejoint les objectifs de santé Canada en matière de développement durable (Santé Canada, 1997), et les bonnes pratiques recommandées par L'OCDE (1996). Certains autres gouvernements, comme la Nouvelle-Zélande (PHC, 1995), commencent aussi à l'adopter.

Une description plus détaillée de ce processus d'analyse et de préparation d'un avis de santé publique constitue l'essentiel de ce chapitre.

5.2 Gestion du risque : bref historique

Période 1960-1980

La commission canadienne de lénergie atomique (CCEA, 1998) résumait récemment de la façon suivante l'historique de la gestion du risque :

> "...la première *dose pratiquement sûre* proposée aux États-Unis devait avoir pour effet de limiter le risque de cancer à un sur cent millions (10^{-8}) pour toute une vie d'exposition [cf. Rodricks et coll., 1987]. Cette idée était liée à celle que si la population totale des États-Unis était exposée à la dose pratiquement sûre ou à une dose approximativement semblable, une ou deux personnes seulement seraient touchées parmi les quelque 150 millions d'habitants que comptaient alors les États-Unis. Peu après, on se rendit compte que ce critère imposait un fardeau presque intolérable aux organismes de réglementation chargés d'assurer l'innocuité des additifs alimentaires tout en exploitant les avantages considérables. La majorité proposa alors de considérer comme négligeable un risque à vie d'un sur un million. À ce niveau, trois cas excédentaires de cancers par an seulement se déclareraient si tous les Américains y étaient exposés.
>
> Dans les quelques années qui suivirent, le critère de *un sur un million* s'institutionnalisa eu égard au risque *acceptable*. Quand on constata, à la fin des années 60 et au début des années 70, que l'exposition ambiante entraînait des risques de cancer, on appliqua souvent, surtout aux États-Unis [Kelly et Cardon, 1984], le concept de risque à vie négligeable, qui s'établissait à sur un million (10^{-6}). Ce qui causa au début le plus d'inquiétudes, ce furent les risques généralisés, tels ceux de

l'exposition aux biphényles polychlorés (BPC) ou aux résidus de pesticides dans l'environnement. Plus tard, on se mit à appliquer le même critère à des risques beaucoup moins généralisés, tels ceux qui existaient dans le voisinage des établissements industriels ou des décharges de déchets dangereux.

Il est finalement devenu évident qu'un risque de un sur million (10^{-6}) était un critère très rigoureux quand un assez petit nombre de gens y étaient exposés (US EPA SAB, 1992). Les niveaux de risque égaux ou supérieurs à un sur dix mille sont acceptés pour fixer les niveaux maximums de contaminants de l'U.S. Environmental protection agency (epa) à l'égard des cancérogènes présents dans l'eau potable quand il est impossible sur le plan technique ou économique de les réduire davantage. En général, on considère toutefois que les niveaux de risque supérieurs à un sur dix mille, même si de très rares personnes y sont exposées, sont excessifs et qu'ils exigent donc des mesures pour réduire tant l'exposition que le risque (US EPA SAB, 1992)."

Sans en faire une politique officielle, le Canada a suivi une approche similaire, de même que les provinces dans leurs champs de compétence. La gestion du risque était alors généralement définie comme le processus de prise de décision intégrant les résultats de l'évaluation du risque avec d'autres considérations. Le National Research Council définissait en 1983 la gestion du risque comme *le processus de décision impliquant la prise en compte d'information politique, sociale, économique et technologique en plus de celle concernant le risque, de façon à développer, analyser et comparer les options réglementaires; ce processus vise à sélectionner la réponse la plus appropriée en regard du risque potentiel de nature chronique à la santé* (NRC, 1983, traduit dans CSE, 1993).

Au Québec, certains auteurs ont établi la gestion du risque comme étant *le processus qui détermine les actions et mesures à prendre permettant de contrôler ou d'éliminer le risque* (Cardinal, 1989) ou encore *le processus d'intégration des résultats de l'évaluation du risque avec les données sociales, économiques, politiques et technologiques en sélectionnant l'option la plus appropriée du point de vue de la santé publique* (CSE, 1993). Par ailleurs, le CCME (1996) la définit comme étant *le choix et la mise en œuvre d'une stratégie de contrôle du risque, suivis de la surveillance et de l'évaluation de l'efficacité de cette stratégie; le choix d'une stratégie en particulier peut être fondé sur l'étude des renseignements obtenus au cours de l'évaluation du risque*. La définition retenue par Santé Canada (1997) est pratiquement la même.

Nulle part ne voit-on, au cours de ces dernières décennies, de proposition de quantifier de façon similaire, ce qui pourrait constituer un niveau résiduel acceptable pour les risques psychosociaux. Il semble en effet que la pratique de la négociation, les avis externes (commissions, ministères, municipalités, autres) et les rapports de force habituels entre les parties intéressées soient les seuls critères formels utilisés pour décider des niveaux acceptables de risque psychosocial pour les collectivités. Certaines

réglementations municipales et directives gouvernementales existent cependant pour les nuisances principales (bruit, odeurs, poussières).

Dans les années 1990

Avec les années, plusieurs critiques sont apparues face à cette façon de concevoir la gestion du risque, notamment en provenance des industries, des groupes environnementaux et des universitaires (NRC, 1994) notamment en raison du coût très variable des mesures prises pour des raisons de santé (de 200,000 $ à 5 milliard $ par vie humaine sauvée, par exemple). Aussi, les réflexions les plus récentes orientent la gestion du risque vers une approche et une définition beaucoup plus large que la définition traditionnelle. Au cours des dernières années, plusieurs organisations ont en effet analysé et revu le cadre conceptuel de 1983 du NRC, de même que ses principes, ses aspects organisationnels et ses éléments méthodologiques (epa Californie, 1996; National Research Council, 1994; 1996; Presidential/Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Management, 1997a; 1997b).

En 1997, la Presidential/Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Management rendait publique ses deux rapports finaux (1997a, 1997b). C'est à la suite de modifications apportées au Clean Air Act que le Congrès américain avait formé cette commission. Leur mandat était de mener une enquête sur les implications politiques et sur l'utilisation de l'évaluation et la gestion du risque dans les programmes découlant de la réglementation de plusieurs lois fédérales devant prévenir le cancer et d'autres maladies chroniques humaines pouvant résulter d'une exposition aux substances chimiques.
Il est ressorti des travaux de la commission un net besoin de modifier l'approche traditionnelle utilisée pour évaluer et réduire les risques. La Commission propose de nombreuses recommandations et introduit de nouvelles dimensions aux approches traditionnelles de gestion du risque. La Commission a notamment développé une définition large et intégrée de la gestion des risques :

> *Processus d'identification, de sélection, de mise en œuvre et d'évaluation des actions de réduction du risque pour la santé humaine et les écosystèmes. Le but est d'intégrer de manière scientifiquement valable et économiquement efficiente les actions de réduction ou de prévention du risque en considérant les aspects sociaux, culturels, éthiques, politiques et légaux* (traduction libre).

Le cadre de référence de la gestion du risque proposé par la Commission américaine comprend six étapes : une définition large du problème, une évaluation du risque, un examen des différentes options de solution, la prise de décision, la mise en œuvre et l'évaluation des actions entreprises. Chaque étape est menée en collaboration avec les groupes concernés et ce, dès le départ du processus, à l'étape même de la définition du problème. De plus, elle peut impliquer une rétroaction dans le déroulement de la

démarche (processus itératif) si de nouvelles informations sont découvertes à une étape et que celles-ci nécessitent de revenir à une étape précédente.

Figure 5.1 Cadre de référence proposé aux États-Unis

	Problème/contexte	
Évaluation		Risques
	Faire participer Les intervenants	
Actions		Options
	Décisions	

Source: The Presidential/Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Management, 1997. *Framework for Environmental Health Risk Management.* Volume 1. p. 3.

Le cadre de référence proposé met l'accent sur les risques cumulatifs et prend en considération les bénéfices, les coûts, de même que les dimensions sociales, culturelles, éthiques, politiques et légales des options de réduction des risques. Les avantages sont, selon la commission, la promotion d'une approche intégrée pour résoudre les problèmes de santé publique et d'environnement, l'assurance que les décisions sont basées sur les meilleures connaissances scientifiques, l'emphase mise sur la collaboration, la communication et la négociation avec le public, la prise de décisions qui devraient avoir plus de succès et la prise en compte de toute nouvelle information qui émergerait en cours du processus.

L'étape «risque» réfère au processus d'évaluation du risque, mais sa nature et son accent devront toutefois référer aux objectifs poursuivis par la gestion du risque. L'analyste doit utiliser une combinaison d'information scientifique et de jugement professionnel. Le résultat de l'évaluation du risque est la «caractérisation du risque» ou «l'estimation du risque», lequel doit présenter toute l'information utile pour les groupes concernés et les décideurs. L'intégrité de l'évaluation doit être assurée par des réviseurs externes. L'analyse doit le plus possible être multisource, multimédia, multichimique et multirisque. Elle doit identifier les perceptions des groupes concernés et en tenir compte dans l'expression des résultats.

On voit donc apparaître formellement le volet psychologique et social dans la gestion du risque, comme partie prenante au processus et critère principal de prise de décision des autorités, plutôt que comme nuisance au processus entre experts. La révision du

processus de gestion du risque en cours à Santé Canada s'inspirera fortement de ces tendances lourdes, qui sont déjà en partie incorporées dans la pratique du ministère.

5.3 Liens avec l'évaluation environnementale

La gestion du niveau de risque, qui constituera une pièce essentielle de l'avis de santé publique, demeure un élément important du processus complexe de négociation qui s'appelle l'évaluation environnementale. Mais la première qualité de l'avis de santé publique est d'abord d'exister, et la seconde d'être claire. On voit en effet trop souvent des exégèses d'études d'impact qui finissent en un mémoire vague sans véritable conclusion. Il est donc important de se positionner clairement sur ce qui est acceptable, sur ce qui ne l'est pas, sur les améliorations nécessaires et celles souhaitables, du point de vue de la santé et la sécurité publiques. Le texte qui suit se concentre sur l'analyse des projets, quoique l'approche puisse se transposer pour les programmes et politiques.

Un élément de contexte important est lié au fait que ces avis de santé publique porteront sur des équipements publics ou des usines dont la durée de vie habituelle se situe dans l'horizon de 25 à 50 ans, sinon plus. Les grandes usines, les mines, les barrages s'installent généralement pour longtemps à quelque part. Les politiques, programmes ou grandes initiatives fiscales peuvent durer moins longtemps, puisqu'une révision est souvent prévue après 5 ou 10 ans. Mais nous savons tous que les programmes établis ont tendance à survivre, et ils amènent souvent leur cortège de constructions, démolitions ou transformations avec impacts environnementaux et sanitaires. L'avis de santé publique doit tenir compte de cet aspect de durée importante des projets sous examen, et exiger une grande rigueur pour la protection de la santé publique.

L'avis de santé publique ne doit donc pas tenter de se substituer à l'autorité responsable de la décision finale sur un projet ou une politique mais plutôt se positionner de façon rigoureuse, indépendante et claire pour éliminer au maximum les aspects négatifs d'un projet et en promouvoir les retombées positives. Divers critères sont proposés pour guider la décision, ou la prise de position. Les critères classiques de santé publique sont présentés dans le premier volume du guide ainsi que dans l'étude internationale (Sadler, 1997). Il s'avère aussi intéressant de situer la place de la santé publique dans le cadre des critères généraux pouvant être utilisés dans l'évaluation environnementale. Une excellente synthèse de ces critères a récemment été proposée par la commission de coopération environnementale établie en vertu de l'ALENA (CCE, 1997) afin de juger de l'importance des effets transfrontaliers devant faire l'objet d'examens approfondis. Mais la liste peut de toute évidence servir à un usage plus général, comme on peut le constater à l'encadré 5.1, et elle intègre intimement les volets environnemental, socio-sanitaire et économique, sur un pied d'égalité présumé. Cela rejoint parfaitement l'approche développée dans ce guide.

Encadré 5.1 : Facteurs servant à déterminer les impacts transfrontaliers préjudiciables importants

Pour déterminer si des impacts environnementaux transfrontaliers nocifs sont importants, les parties tiendront compte des facteurs suivants :

1. **Le contexte** : les facteurs contextuels qui peuvent être pertinents pour déterminer l'importance des impacts environnementaux transfrontaliers comprennent notamment :

- Les populations humaines et les couches vulnérables de la population susceptibles d'être touchées par les impacts (par ex. les enfants, les personnes âgées);
- L'étendue géographique (région et localités);
- Le contexte écologique;
- Les caractéristiques exceptionnelles de la zone géographique (par ex. proximité d'éléments du patrimoine historique ou culturel, de parcs, de zones humides, de rivières à l'état naturel ou présentant un attrait du point de vue du paysage, ou de zones d'une importance cruciale du point de vue écologique)
- Les normes relatives à la protection de la santé ou de l'environnement énoncées dans des instruments juridiques internationaux, nationaux ou infra-nationaux, lorsque la partie risquant d'être touchée fait état de telles normes;
- La probabilité que les impacts se produisent;
- L'incertitude sur le plan scientifique.

2. **L'intensité** : les facteurs d'intensité qui peuvent être pertinents pour déterminer la gravité ou l'ampleur des impacts environnementaux transfrontaliers comprennent notamment :

- L'ampleur des impacts, toxiques ou autres, sur la santé ou la sécurité publiques;
- Mesure dans laquelle les impacts sur l'environnement comportent des risques exceptionnels ou inusités;
- Mesure dans laquelle le projet va créer un précédent en matière de réglementation ou de délivrance d'un permis dans un nouveau domaine, ouvrant ainsi la possibilité que des projets futurs soient entrepris et causent des impacts environnementaux transfrontaliers importants;

- Durée et fréquence des impacts, et possiblité de répétition;
- Degré d'irréversibilité des impacts;
- Rapport avec d'autres projets qui, pris individuellement, n'ont pas d'impacts importants, mais qui ensemble ont des impacts cumulatifs importants ou dont on peut raisonnablement prévoir qu'ils en auront probablement, indépendamment du fait que le projet est temporaire ou décomposé en éléments de moindre envergure;
- Mesure dans laquelle les impacts physiques ou biologiques du projet peuvent avoir un impact néfaste sur d'importants éléments du patrimoine historique ou culturel ou sur l'utilisation traditionnelle par les autochtones des ressources naturelles ou des éléments du patrimoine historique et culturel;
- Mesure dans laquelle le projet peut avoir des impacts préjudiciables sur des espèces menacées ou en voie de disparition, ou sur leur habitat, lorsqu'il a été déterminé que cet habitat a une importance cruciale;
- Mesure dans laquelle la diversité biologique est touchée;
- Mesure dans laquelle les systèmes écologiques naturels et les paysages sont transformés;
- Mesure dans laquelle le projet risque de compromettre ou de diminuer la qualité et la disponibilité des ressources renouvelables et non renouvelables.

5.4 Rédaction de l'avis de santé publique

Les éléments qui devraient faire partie de l'avis de santé publique sont les suivants :

- Étude de la disponibilité des données, de leur qualité et de leur niveau d'incertitude pour estimer les impacts négatifs et positifs prévus à l'étude d'impact (volets santé et social).

- Comparaison des niveaux de risque obtenus avec les normes existantes ou avec les niveaux généralement considérés sécuritaires.

- Identification des zones grises et des impacts négatifs pour lesquels il n'existe pas de normes ou de consensus social.

- Revue des commentaires et positions des différents publics et populations impliquées au dossier sur l'acceptabilité sociale du projet.

- Synthèse des avantages et inconvénients et conclusion sur l'acceptabilité du projet du point de vue de la santé publique, incluant les aspects de santé physique, psychologique et communautaire, sous l'angle de la probabilité des impacts, de l'équité de leur distribution et de la préservation des écosystèmes.

5.4.1 Étude des données

Il peut être utile d'utiliser la matrice présentée à l'Annexe I pour juger de l'exhaustivité des données disponibles sur les impacts négatifs possibles sur la santé. Il s'agit donc, en résumé, de vérifier si l'information fournie par le promoteur pour combler chacune des cellules de la figure 5.2 semble :

- Complète (revue de littérature à jour?);
- Exacte (interprétations des auteurs des études ou celles du promoteur?);
- Transparente quant à l'incertitude ou la faiblesse de la base de données scientifique (les risques peu ou pas connus sont clairement identifiés comme tels), ou aux limites des modèles prédictifs utilisés.

Figure 5.2 Matrice des impacts négatifs sur la santé

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnemental	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommanda-tions	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité Incertitude
Sinistre technologique								
Émissions gazeuses ou atmosphériques								
Émissions liquides ou dans l'eau								
Émissions solides ou dans les sols								
Nuisances								
Impacts indirects de nature psychosociale								

Juger de la disponibilité et de la qualité des données sur les impacts positifs pour le volet santé n'est que le même travail, mais l'emphase est habituellement inversée, car le volet socio-économique prend le haut du pavé. Les termes utilisés changent aussi. Ainsi les catégories utilisées selon le type d'impact varieront pour un même domaine (tableau 5.1).

Tableau 5.1 Impacts négatifs et positifs

Impacts négatifs	Impacts positifs
Sinistres, émission	Volet écosystèmes
Nuisances	Volet qualité de vie
Impacts indirects de nature psychosociale	Volet socio-économique

Certains projets diminueront aussi des risques environnementaux à la santé, comme par exemple le remplacement d'une usine de génération d'électricité au charbon ancienne par une turbine au gaz; d'autres amélioreront les services de santé d'urgence en augmentant la rapidité des moyens de transport. La figure 5.3 résume ces impacts positifs.

Figure 5.3 : Matrice des impacts positifs sur la santé

Retombées prévues	Nature de l'impact	Zone d'influence	Population touchée	Probabilité de survenue et incertitude	Mesure de suivi ou contrôle	Effet sur la santé	Accord avec recommandations ou principes du d.d.
Volet socio-économique : - revenus/taxes - emploi							

- infrastructures publiques - perceptions - cohésion sociale							
Volet qualité de vie : - paysage - usages récréatifs - usages culturels							
Volet écosystèmes : - eau - air - sol - espèces vivantes							

Juger de la qualité des données portant sur les impacts socio-économiques ou environnementaux s'avère plus délicat car les praticiens de la santé n'ont souvent pas accès à l'expertise nécessaire. C'est néanmoins une étape essentielle de la formulation de l'avis de santé publique. Il est en effet important de savoir si la justification du projet s'insère de façon cohérente dans les politiques existantes, et si les études économiques et sociales réalisées répondent aux critères méthodologiques récents. La consultation d'experts et de responsables d'organismes publics, en plus de la connaissance du milieu par le praticien, permettra généralement de se faire une très bonne idée sur le sujet.

On citera parmi les écueils fréquemment :

- L'absence de politique publique officielle pour encadrer un projet donné, ce qui rend difficile la justification; le projet, par exemple l'installation d'une méga-porcherie, sert souvent de test pour une série d'autres cas similaires à venir. Une telle situation exige une attention plus grande.

- Les études économiques ne portent que sur les retombées (en emplois) de l'argent qui sera dépensé : il s'agit d'études pré-scientifiques dont il faut se méfier, car toute dépense amène de la création d'emplois, plus ou moins selon les secteurs. Généralement les soins et services de santé sont parmi les secteurs les plus créateurs d'emplois, et l'industrie lourde, à l'opposé. Alors si l'argument principal se limite à l'étude de retombées économiques, il s'agit d'un signal clair de la faiblesse de l'argumentation.

- Lorsque des études économiques plus poussées sont disponibles (coûts/efficacité, coûts/bénéfices, par exemple), le débat pourra porter sur certaines hypothèses méthodologiques nécessaires à toute étude. Citons le taux d'escompte à utiliser, l'horizon temporel, la zone à l'étude, etc. Il sera important dans cette situation de demander au promoteur de présenter plusieurs scénarios utilisant divers niveaux pour certaines variables clés. On peut ainsi évaluer la robustesse (ou la fragilité) des modèles utilisés pour ces variables. La consultation d'experts indépendants sera utile là aussi.

- La distribution des avantages et inconvénients pose presque toujours problème. Il est donc essentiel de vérifier, notamment avec les autorités locales, si les propositions et exigences du promoteur sont réalistes. Le volet des emplois s'avère souvent délicat en raison du niveau élevé de formation technique généralement exigé par les entreprises et qui ne peut être trouvé dans une ville ou un village donnés. L'impact sur les services municipaux ou régionaux à fournir (eau, déchet, incendie, police, routes, services de santé, etc.) est souvent sous-estimé dans les études. Encore là la transparence sur l'incertitude des prédictions demeure de mise pour éviter les déceptions et pour tempérer certains enthousiasmes municipaux.

La revue des données disponibles devrait se terminer par un avis sur leur qualité, et des demandes de précision ou d'études supplémentaires jugées essentielles pour le futur.

5.4.2 Comparaison avec les normes

Lorsqu'il existe une norme, cela simplifie bien sûr la tâche. En situation d'évaluation environnementale, cependant, il faut se souvenir de la durée de vie des équipements qui s'étalera sur plusieurs décennies. Il est donc souhaitable de viser le respect de la norme la plus stricte pour ces nouveaux équipements; généralement ces normes plus strictes sont en vigueur dans les régions occidentales les plus densément peuplées (Californie, Europe) qui subissent des niveaux de pollution plus aigus qu'au Canada.

Cette façon de faire permet d'éviter qu'une norme désuète soit utilisée comme objectif pour les prochaines décennies. La plupart des technologies récentes peuvent non seulement respecter les normes les plus strictes, mais souvent atteindre des émissions 100 ou 1000 fois moindres. Comme la tendance des études scientifiques depuis 30 ans est de déceler des effets subtils à des expositions très basses, il s'agit simplement ici d'appliquer une certaine marge de sécurité pour le long terme.

Lorsqu'il n'existe pas de norme, la situation varie selon qu'il s'agit d'un risque d'impact grave et irréversible sur la santé (p. ex. cancer, mort), d'un risque d'impact moins grave (p. ex. irritation oculaire, inconfort dû au bruit) ou encore d'un impact plus complexe sur une collectivité (p. ex. développement accéléré).

5.4.3 Comparaisons en l'absence de normes

Les niveaux de risque acceptable incorporés dans les normes peuvent s'appliquer ici. Les normes incorporent généralement des niveaux de risque acceptable de l'ordre de 1 décès supplémentaire par million de personnes exposées à vie (70 ans), ce qui est considéré à juste titre comme un niveau très sécuritaire lorsqu'on l'applique à une petite population, ce qui est le cas la plupart du temps.

Par exemple, si 1000 personnes se retrouvent sous le panache d'une cheminée les exposant à un contaminant cancérigène respectant cette norme, on pourrait théoriquement devoir attendre jusqu'à 70 000 ans avant de voir apparaître un cancer. Il semble donc adéquat d'utiliser un tel niveau de risque en l'absence d'une norme établie. Des niveaux inférieurs peuvent être considérés comme négligeables, en ce sens qu'ils ne nécessitent pas de mesures correctrices supplémentaires par rapport au projet à l'étude. De plus, il faut souligner que les méthodes épidémiologiques ne peuvent mesurer de tels risques même si l'on appliquait une surveillance rigoureuse de l'état de santé. Et même si l'on pouvait mesurer de tels niveaux de risque, il faudrait encore pouvoir tenir compte dans l'analyse des données,

sur une période de 60 ou 70 ans, de multiples autres causes possibles du cancer ou de la maladie en question, comme les habitudes de vie, l'hérédité, etc. Une même maladie peut, la plupart du temps, avoir de multiples causes, car le corps humain ne possède qu'un nombre limité de façons d'exprimer la maladie. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, on peut facilement recenser une centaine de produits chimiques naturels ou de synthèse qui peuvent entraîner des maladies du foie, sans compter quelques dizaines d'agents infectieux, l'alcool et l'alimentation...

Le gouvernement néerlandais a proposé, en 1989, certaines limites explicites aux niveaux de risque jugé acceptable. Ce cadre de gestion du risque (VROM, 1989) fut ensuite entériné par une loi adoptant la politique environnementale du pays. Cette approche globale de gestion du risque a le mérite d'être exhaustive et de proposer des limites claires facilitant la prise de décision. Ce cadre a été utilisé depuis une dizaine d'années et s'est avéré adéquat dans la grande majorité des situations pour la gestion des risques (de Boer, 1997). En 1993, il a aussi été adopté comme cadre général indicatif pour les directions de santé publique au Québec où il s'est également avéré utile. Il est donc résumé ici à titre indicatif, afin de fournir des balises utiles pour le praticien de santé publique. Les niveaux de risque obtenus dans les études d'impact peuvent ainsi être comparés à ces balises. Le lecteur intéressé à la rationnelle qui sous-tend ces niveaux pourra consulter le document original (VROM, 1989), aussi disponible dans CSE (1993).

Risque individuel

Cette approche utilise aussi le seuil de un excès de mortalité par million de personnes exposées à vie (10^{-6}) comme base de départ. Ensuite, on définit un niveau *négligeable* établi à 1% du niveau de base, soit 1 excès par 100 million (10^{-8}). Ces niveaux valent pour le risque individuel d'accidents technologiques ou d'exposition à une substance chimique nouvellement introduite dans l'environnement.

Ensuite, l'approche propose de tenir compte du fait que ces risques nouveaux s'additionnent à des risques déjà existants. Pour tenir compte du *bruit de fond* chimique ou technologique, on propose le niveau de 1 excès de mortalité par 100 000 personnes exposées à vie (10^{-5}) comme niveau de risque *acceptable* pour tous les risques confondus, mais par catégorie (chimique, technologique, radiations). L'exposition aux radiations ionisantes est donc aussi incluse ici. L'exposition est calculée sur une base de 24h/jour dans les deux cas, ce qui assure une marge de sécurité supplémentaire.

Risque collectif

Pour le risque collectif, défini comme la probabilité d'un décès de 10 personnes ou plus, le niveau *acceptable* est défini à 10^{-5}/an et à 10^{-7}/an pour 100 décès ou plus, etc. Toute situation existante où la probabilité est plus grande que 10^{-5}/an doit faire l'objet de mesures pour réduire ce risque.

Substances chimiques avec seuil

Lorsque des substances chimiques sont reconnues comme présentant un seuil en dessous duquel on n'observe pas d'effets toxiques, ce seuil (NOEL) est utilisé avec les marges de sécurité usuelles. Il s'agit ici de la pratique habituelle au Canada; seules les façons de calculer les marges de sécurité varieront selon les pays, les expositions, etc.

Risque écologique

Les Hollandais définissent le risque acceptable pour l'écosystème comme le niveau de la concentration létale éliminant 50% des espèces (CL 50%) pour les sinistres majeurs, et le niveau de la CL5% pour l'exposition chronique aux substances chimiques. Dans ce dernier cas, on protège donc 95% des espèces d'un écosystème. Ces normes s'appliquent pour les situations nouvelles,et on doit viser ce niveau pour les situations existantes.

5.4.4 Comparaisons avec les principes du développement durable

Il n'existe pas non plus de normes pour déterminer, par exemple, quel pourcentage d'emplois créés devrait échoir aux résidants locaux, ou si la qualité du paysage est préservée de façon adéquate. Certains auteurs signalent une pratique établie chez les promoteurs à l'effet qu'un niveau de 10 à 25 % des emplois d'un projet pour la collectivité d'accueil constitue un niveau seuil susceptible d'en améliorer significativement l'acceptabilité (Hobart, 1983, 1984). Des niveaux supérieurs de retombées d'emplois sont bien sûr atteints fréquemment, selon les ressources humaines et entrepreneuriales disponibles dans la région. Certaines entreprises pratiquent en plus des politiques de compensation pour les impacts résiduels et fixent un niveau pré-établi (p.ex. Hydro-Québec prévoit 2 % des coûts d'immobilisation pour des projets communautaires régionaux). D'autres formules proposées plus récemment font l'essai d'une participation encore plus étroite des collectivités d'acceuil, par l'actionnariat local ou les redevances sur l'exploitation des ressources naturelles.

Cependant, l'adhésion la plus grande possible aux principes concrets présentés à la section 3.5 permettra, est-il souhaité, de s'orienter fortement vers le développement durable. Toutefois, une telle analyse ne peut se faire de la même façon pour un projet bien précis (p. ex. une usine de cogénération électrique) que pour un programme ou une politique.

Ainsi, on ne peut demander à une usine ou à une autoroute d'exploiter les ressources non renouvelables à un rythme permettant leur remplacement par d'autres types de ressources, car ce n'est pas son rôle. Le jugement s'impose donc pour sélectionner les bons critères. Si l'on doit se prononcer sur les orientations gouvernementales en matière d'approvisionnement énergétique, cependant, il devient essentiel d'examiner ce même critère.

Ultimement, le développement durable repose sur une répartition équitable des avantages et inconvénients au sein de la population, entre les régions et entre les générations. Le rôle des praticiens et organismes actifs en santé publique sera d'être à l'écoute des groupes au sein de la population, et de tenir compte des dimensions inter-régionales (transport des polluants à grande distance, contamination de la chaîne alimentaire, etc.) et des dimensions intergénérationnelles (risques à long terme, épuisement des ressources et écosystèmes de base, etc.).

En somme, il est utile de préciser clairement de tels niveaux et critères d'intervention pour préparer l'avis de santé publique, puisqu'ils constituent des règles du jeu approximatives, et donc des zones de confort et d'inconfort prévisibles pour le praticien de santé publique et pour le promoteur. Les niveaux présentés ci-dessus s'avèrent raisonnablement représentatifs des situations présentes en pays industrialisés, mais ils exigent tout de même des efforts importants pour plusieurs secteurs économiques. Des exceptions à ces niveaux peuvent aussi être prévues lorsqu'il s'agit de corriger une situation existante très risquée (e.g. 10^{-4}) pour la ramener, à coût raisonnable, à un niveau plus bas (e.g. 10^{-5}). Ces niveaux se comparent aussi avantageusement à plusieurs autres risques présents dans la société (automobile, sports, habitudes de vie, etc.) mais qui résultent davantage de choix individuels ou de choix passés.

5.4.5 Identification des zones grises et autres impacts négatifs

L'avis de santé publique devrait identifier tous les points litigieux d'un point de vue sanitaire. Après la revue des niveaux de risque présentée à la section précédente, le praticien aura peut-être identifié un ou plusieurs contaminants dont le niveau apparaît élevé; la méthodologie utilisée pour l'analyse de risque peut aussi prêter le flanc à la critique. Il est important de signifier clairement ces déficiences.

Ensuite, il y aura probablement plusieurs autres éléments présentant des risques dont la toxicité est moins grande mais dont la probabilité approche souvent 100%. On citera par exemple :

- les nuisances (bruits, odeurs, poussières, circulation, etc.);

- les impacts psychosociaux (perceptions du projet, emplois, revenus, services municipaux, évolution de la collectivité en cause, etc.);

- les impacts sur les écosystèmes essentiels à la vie (eau, air, sol, espèces vivantes).

Le rôle du professionnel de la santé consiste à bien identifier ces impacts, à vérifier si la qualité des prévisions est acceptable et si des mesures de mitigation et de compensation adéquates sont proposées.

Il existe en effet plusieurs types de mesures pour diminuer ces impacts et il s'avère souvent très utile de consulter les experts de chacun des domaines litigieux pour s'assurer de minimiser les nuisances. Dans certains projets (p. ex. carrière, porcherie), les nuisances représentent un élément majeur du débat et il est très fréquent de rencontrer des promoteurs peu soucieux des nuisances pour leurs voisins et de voir les normes municipales, provinciales, fédérales ou internationales peu ou pas respectées. Les perceptions de la population à l'égard de ce type de projets sont habituellement très négatives en raison des expériences passées; ceci rend les nouvelles technologies, même très performantes, extrêmement difficiles à implanter.

Les impacts psychologiques et sociaux constituent aussi un sujet crucial pour l'intervention de santé publique et il convient de leur accorder une grande importance. Il est nécessaire pour les praticiens et organismes de santé publique de reconnaître publiquement que les perceptions de la population sur un projet sont légitimes et qu'elles ont (ou peuvent avoir) des impacts sanitaires. Ces perceptions, négatives ou positives, influenceront sûrement le sens des impacts sur la collectivité en termes d'emplois, de cohésion sociale, de taxation, etc. Les économistes recommencent enfin à penser qu'une collectivité en santé constitue un atout de taille pour le fonctionnement de l'économie (voir p.ex. Putnam, 1994) : la cohésion sociale, l'implication civique, les corvées, l'entraide et de nombreuses autres activités du même type cimentent les collectivités et rendent les adaptations (grandes ou petites) plus harmonieuses. On peut ainsi trouver des exemples de projets bien planifiés et bien gérés qui ont su amener des bénéfices sociaux très positifs malgré leur ampleur : le développement de la Mer du Nord en est une illustration (Hill, 1998). Inversement, la transition économique et sociale que vivent plusieurs nations autochtones du Canada en raison de certains projets de développement semble avoir eu un impact négatif sur la vie sociale et les perceptions (Grondin, 1994).

Les impacts sur les écosystèmes essentiels à la vie doivent aussi être signalés par les autorités de santé publique. Compte tenu de la place grandissante des activités économiques humaines et de leurs impacts sur les écosystèmes (voir figure 6.2), il

importe que ces écosystèmes soient préservés intacts, ou que les pertes éventuelles soient complètement remplacées dans la région subissant les impacts ou ailleurs.

Figure 5.4 L'écosystème mondial par rapport au sous-système économique

A. Écosystème et sous-système économique en 1900

- Écosystème planétaire limité
- L'élargissement de sous-système économique

Matériaux primaires	Production - 60 billions $ en biens et services	Matériaux secondaires
• Énergie • Ressources		• Pollution • Déchets
Réutilisation et recyclage des matériaux		

B. Écosystème et sous-système économique en 1990

- Écosystème planétaire limité
- L'élargissement de sous-système économique

Matériaux primaires	Production - 20 000 trillions $ en biens et services	Matériaux secondaires
• Énergie • Ressources		• Pollution • Déchets
Réutilisation et recyclage des matériaux		

5.4.6 Revue des positions exprimées

Il est important de citer, avec leur permission, les commentaires ou positions exprimés sur un projet par divers organismes et individus clés. Cette revue peut aussi puiser dans les documents officiels existants (lors d'une audience publique, par exemple) ou dans les journaux et autres médias. La consultation par les autorités de santé de divers experts et gestionnaires devrait aussi être pris en considération lors de la préparation d'un avis de santé publique, ainsi que les rapports écrits ou documents pertinents.

5.4.7 Synthèse des avantages et inconvénients

Ici, seul le jugement professionnel peut aider à prendre une position claire sur l'acceptabilité d'un projet. Nous avons proposé dans les sections précédentes certains critères pouvant s'avérer utiles.

En résumé, l'approche proposée repose sur les principes du développement durable et vise un niveau extrêmement bas de contamination, une distribution équitable et largement acceptée par la population des avantages et inconvénients et la préservation des écosystèmes actuels.

On constatera souvent, à l'expérience, que certaines parties d'un projet sont acceptables, alors que d'autres ne le sont pas ou nécessitent des modifications majeures. Il ne faut pas hésiter à le signaler, en indiquant quel travail reste à faire : il n'est pas du rôle direct des autorités de santé publique de proposer des méthodes en génie civil ou autre pour régler un problème. Leur rôle consiste plutôt à indiquer les orientation générales souhaitables.

Surtout, il faut savoir se censurer soi-même et ne pas se prendre trop au sérieux ! On a vu plusieurs mégaprojets modifiés substantiellement pour des raisons de santé publique ou stoppés par l 'opinion publique. Et quelquefois, les responsables de l'environnement semblent oublier de protéger adéquatement les écosystèmes; alors un peu de relève ou d'aide pour des raisons de santé humaine ne peut sûrement pas nuire...

5.4.8 Acceptabilité sociale

Il peut sembler difficile d'évaluer ce qui sera acceptable socialement, et la réalité rappelle bien souvent ce fait aux politiciens et aux gestionnaires. Il demeure cependant possible de dégager des éléments permettant de prédire les conflits et certains facteurs de recevabilité qui facilitent l'acceptation des projets. Dans une intéressante revue de divers projets et programmes de gestion des déchets au Canada (Toronto, Montréal, Québec,

Halifax) et dans l'état de New York, delisle dégage certains facteurs (transfert environnement, 1996). La gestion des déchets constitue un bon exemple puisqu'on y retrouve un mélange de plusieurs types de risques, nuisances, perceptions, impacts sociaux et impacts écologiques.

Delisle dégage deux éléments très sensibles qui deviennent facilement des irritants et des facteurs de résistance aux projets. Ces éléments sont :

- l'accumulation des frustrations
- les amorces symboliques.

L'accumulation des frustrations peut prendre plusieurs formes. Il peut s'agir de la perception d'une iniquité sociale ou d'un débordement de la population dans une région qui voit naître trop de projets litigieux ou encore des régions déjà polluées, comme des zones industrielles qui n'en veulent pas davantage. Il s'agirait d'une sorte de «saturation psychosociale» qui fait que même des projets qui améliorent la situation actuelle peuvent être jugés suspects et être rejetés.

Par amorces symboliques, on entend les composantes de projets ou d'équipements qui agissent comme détonateurs de conflits. Dans les projets de gestion de déchets, les auteurs citent parmi les déclencheurs symboliques l'importation de déchets, la présence d'une multinationale, la présence de cheminées, les déchets dangereux, la détérioration de la qualité visuelle du paysage et les odeurs. Des réactions bien humaines... il n'y a probablement que les résidents des beaux quartiers qui sont à l'abri, puisque de telles installations ne peuvent s'y installer en raison du zonage et du prix des terrains...

Les exemples de ce type de méta-analyse abondent. La connaissance des facteurs de résistance susceptibles de survenir dans un contexte donné permet de concevoir des projets plus facilement acceptables et de les présenter dans le cadre d'un processus facilitant. Ainsi, l'adhésion aux priorités collectives et des attitudes sociales pro-actives demeurent essentielles à une gestion socialement intelligente. Les priorités collectives ont maintenant intégré le volet environnemental et certaines avenues du développement durable, comme en font foi lois, règlements, professions, sondages, etc. On demande aussi aux gouvernements et entreprises d'agir de façon cohérente. Au-delà des efforts de dépollution et de recyclage, il faut maintenant penser aussi conservation des ressources, par exemple, réutilisation d'anciens sites contaminés, établissement de systèmes de gestion environnementale avec participation des citoyens, etc. Il s'agit donc de bien plus que d'une bonne gestion à privilégier; ces changements qui s'amorcent constituent en fait de nouveaux choix de société, une nouvelle vision collective.

Quant aux attitudes sociales pro-actives, déjà soulignées abondamment par l'EPA (1988), elles nécessitent de la part des promoteurs des comportements et attitudes honnêtes et crédibles et, qu'ils soient en fait réellement réceptifs et à l'écoute des attentes des collectivités. Malheureusement, cela n'est pas encore toujours le cas.

6.0 CRÉDIBILITÉ ET COMMUNICATIONS

6.1 Communication efficace à la mesure des attentes

Dans une étude menée sur une vingtaine de projets d'implantation d'incinérateurs, Konheim (1988) a noté que les analyses conventionnelles de risque ne répondaient guère aux questions concrètes que se posait le public. Elle a d'ailleurs recensé dix grandes questions récurrentes exprimées par la population et ses représentants (encadré 6.1). Ces préoccupations nous paraissent très représentatives des enjeux soulevés par la plupart des projets d'envergure.

Konheim rapporte que lors d'un projet d'implantation d'incinérateur dans la région de New York, le comité de citoyens s'est senti beaucoup plus rassuré par les conclusions qualitatives de deux médecins du Mont-Sinaï qualifiant les effets dus aux dioxines de «minimaux et non détectables» que par les prédictions quantitatives d'un expert scientifique reconnu qui leur signifiait que le risque se situerait entre 0,24 et 5,9 x 10^{-6}. Il semble donc que les attentes du public soient souvent d'ordre qualitatif.

Pour leur part, Chess et coll. (1988), dans leur guide de communication du risque à l'intention du gouvernement, soulignent l'importance de chercher à comprendre les attentes de la population, d'acquérir ou de maintenir une bonne crédibilité, de maîtriser le rythme de transmission de l'information diffusée, d'interagir avec la collectivité et de prendre le temps de bien expliquer les différentes facettes de l'évaluation du risque.

Encadré 6.1 Questions types posées par le public dans le cadre de projets d'implantation d'un incinérateur

1. Quels sont les risques spécifiques du projet par rapport à ses avantages? Est-ce que les risques pour chaque groupe valent les avantages? Quels sont les avantages et les risques des autres solutions possibles? Quels seraient les avantages et les risques de ne pas entreprendre le projet?
2. Quelle méthode de calcul des risques avez-vous utilisée? Existe-t-il une méthode normalisée pour ce faire ou y en a-t-il plusieurs? Existe-t-il, dans le milieu scientifique, un consensus sur les principales données? Y a-t-il des dissidents?

3. Vos calculs se basent-ils sur des installations existentes ou sur une base de données théoriques?
4. Si vos données sont basées sur les résultats d'une installation existante, coïncident-elles exactement avec les données de l'opération projetée? Sinon, quel serait l'effet de ces différences sur les analyses?
5. La conception de l'installation vise-t-elle à réduire les risques le plus possible? Sera-t-il possible de modifier l'installation en fonction des nouvelles technologies permettant de réduire les risques?
6. Qui, au sein de la collectivité, supportera les risques? Les personnes âgées, les jeunes et les malades seront-ils particulièrement visés par ces risques?
7. Quelles sont les probabilités d'un accident important? S'il s'en produisait un, quel en serait l'impact le plus grave? Quelle est la fréquence des accidents dans les installations actuellement en opération? Est-ce que leur probabilité augmentera avec le temps? Quelle en est la gravité? Un accident aurait-il des effets irréversibles? Quelles mesures sont prévues pour faire face à un accident?
8. Sera-t-il possible d'identifier les risques? Qui contrôlera les performances de l'installation? Est-il possible de réduire les risques?
9. La population peut-elle exercer une influence sur la conception et le fonctionnement de l'installation?
10. Une approbation du présent projet exclurait-elle toute option future moins dangeureuse?

Tiré de : Konheim, C.S., Risk Communication in the Real Word, Risk Analysis, Vol. 8, N° 3, 1988.

Selon Covello (1992), la clé d'une communication efficace réside dans la confiance et la crédibilité de l'individu ou de l'organisation qui transmet le message à la population. Les enquêtes indiquent que les organisations et les individus perçus comme étant crédibles en matière d'évaluation des risques incluent les professionnels de la santé, les professeurs d'universités, les médias, les organisations de santé à but non lucratif et certains citoyens locaux respectés, neutres et informés des risques. Selon les recherches, les médecins et les professeurs d'universités sont perçus par la population comme des gens motivés par des objectifs nobles. Les premiers font tout ce qu'ils peuvent pour guérir tandis que les seconds seraient motivés par la recherche des connaissances et de la vérité. Ces deux groupes sont perçus comme étant financièrement indépendants des organisations qui les engagent en tant que consultants, donc autonomes dans leurs jugements professionnels.

Toujours selon Covello (1992), certaines études indiquent que quatre facteurs influencent les perceptions de la confiance et de la crédibilité :

- *Perception de l'empathie et du désir de prendre soin (caring)* : il semble que ce facteur soit le plus important. Le communicateur donne-t-il l'impression qu'il s'intéresse à la santé, à la sécurité, à l'environnement, à la justice? Prend-il le temps d'écouter son auditoire? Le plus souvent, il semble que le public se fasse une opinion sur ce premier point dès le premier contact. Or, une fois que la population s'est faite une opinion, il est très difficile de l'en faire changer.

- *Perception de la compétence et de l'expertise* : cette perception est influencée largement par les réalisations passées de l'organisation ou de l'agence gouvernementale et par les facteurs concernant le communicateur, y compris sa formation, son expérience, ses connaissances et ses capacités de s'exprimer verbalement.

- *Perception de l'honnêteté et de l'ouverture :* les actions, les mots utilisés et les attitudes non verbales influencent cette perception. Un regard fuyant et des barrières physiques entre le communicateur et son auditoire constituent des attitudes non verbales négatives.

- *Perception du dévouement du communicateur à une cause* : cette perception dérive de l'impression que le communicateur travaille avec ardeur et diligence pour atteindre des objectifs de santé, de sécurité et de protection de l'environnement. Un certain nombre d'attitudes verbales et non verbales permettront à l'auditoire de se faire une idée à ce sujet : le communicateur peut-il être disponible en dehors des heures ouvrables? Le communicateur est-il présent pendant toute la durée de la réunion publique?

Ce type d'étude est extrêmement précieux pour aider à comprendre comment communique efficacement. Elles suggèrent que bien communiquer le risque est un art complexe t requiert savoir-faire, connaissances, et entraînement. Intrinsèquement, néanmoins, la communication du risque comporte des limites. En effet, même si toutes ces qualités sont présentes chez le communicateur, une certaine crédibilité et honnêteté sont indispensables à la base.

La présence de comités ou de représentants de citoyens auprès des experts de l'évaluation du risque constitue également une clé du succès lorsque vient le temps de dialoguer avec la population. En plus d'aider les experts à mieux tenir compte des attentes et des besoins de la population, ces représentants deviennent des facilitateurs de la communication du risque. Le seul fait d'accorder un droit de regard à des citoyens sur le processus d'analyse de risque

contribue à en augmenter la crédibilité.

Les comités de citoyens prennent aussi leur importance lorsque vient le temps d'aborder les questions de surveillance et de contrôle environnemental par rapport à un risque. Il a été remarqué que la population craint moins un risque qu'elle contrôle ou qu'elle a le sentiment de conrôler. Impliquer des représentants de la population constitue certainement un investissement puisqu'au moment des décisions et des orientations la population (ou ses représentants) n'aura pas été tenue à l'écart mais aura participé au processus.

En ce qui concerne le réseau de la santé, la participation du public doit être envisagée en considérant :

- la situation spécifique d'évaluation du risque;
- le respect du caractère confidentiel des données utilisées (si nécessaire);
- le respect des partenaires impliqués dans la procédure;
- la nécessité de ne pas prêter le flan à la critique eu égard à de possibles partis pris qui auraient pour effet de miner notre crédibilité.

Idéalement, la participation du public devrait être suscitée et encouragée par l'organisme responsable de la gestion de la procédure. Les organismes de Santé publique devraient appuyer cette participation.

Au niveau de l'expression du risque en tant que tel, il sera préférable de prendre soin d'adapter les chiffres (souvent des fractions sur des milliers ou des millions) à des ordres de grandeur plus accessibles pour la population. Carrier et coll. (1991), par exemple, ont estimé le risque individuel moyen à 1 excès de cancer par 2,04 millions de personnes pour les 6800 personnes demeurant à moins de 500 mètres de l'incinérateur Des Carrières à Montréal. Ils ont traduit cet indice, un peu abstrait, en un risque collectif pour ces mêmes 6800 personnes de 1 chance sur 300 annuellement qu'un cancer apparaisse après 70 ans d'opération de l'incinérateur. Autrement dit, il faudrait 300 ans pour être certain qu'un cancer soit causé chez l'une de ces 6800 personnes par la présence de l'incinérateur. Ce sont là des transformations mathématiques qui peuvent aider la population à mieux comprendre le niveau de risque qui lui est communiqué.

Comparer des risques peut être intéressant pour aider à mettre en perspective une situation particulière. Il appert, toutefois, que la comparaison des risques comporte des avantages et des inconvénients. Dans leur guide, à l'intention des gérants d'entreprise, Covello et coll. (1988) ont regroupé 14 types de comparaisons en 5 catégories, selon leur chance de succès auprès de la population. La sélection de l'une ou l'autre des catégories présentées par ces auteurs peut s'avérer délicate, puisque certaines comparaisons de risque sont considérées beaucoup moins acceptables et peu recommandables. Nous référons le lecteur à l'annexe ii pour consulter ces catégories. Cette approche ne fait cependant pas l'unanimité (Rahm-Crites, 1998) et certains auteurs affirment que ces comparaisons peuvent s'avérer utiles, en raison de l'évolution du concept de risque et de la maturité du public. Il faudra donc savoir s'adapter à son public.

Lorsque cela est possible, il semble préférable d'utiliser la concentration mesurée ou estimée de la substance dans l'environnement et de la comparer à la concentration jugée acceptable sur la base des études toxicologiques et épidémiologiques.

Il faut également retenir qu'il importe de présenter la nature des risques aigus et chroniques, de même que leur probabilité d'apparition pour chacune des substances qui auront été retenues pour évaluation.

Nonobstant la valeur numérique du risque, on ne peut l'exprimer sans préciser :

- l'incertitude associée à l'obtention de ces valeurs;
- l'incertitude associée aux extrapolations qui ont été effectuées (haute dose/basse dose, expérimentations animales et extrapolations aux humains);
- le fait que le risque n'est pas réparti uniformément parmi la population et que certaines personnes seront plus exposées (en termes de concentration ou dans le temps), tandis que d'autres seront plus sensibles (à moins d'estimer le risque spécifiquement pour des sous-groupes particuliers de la population).

On ne saurait passer sous silence les sept règles de la communication du risque telles que proposées par l'epa (1988) et qui résument bien l'approche souhaitable:

1. Acceptez et encouragez la participation du public en tant que partenaire légitime.
2. Planifiez minutieusement (en fixant des objectifs clairs) et évaluez vos efforts.

3. Écoutez les préoccupations du public.

4. Soyez honnête, franc et ouvert.

5. Collaborez avec d'autres sources (organisations ou individus) crédibles.

6. Répondez aux besoins des médias (soyez ouvert et accessible).

7. Exprimez-vous clairement et avec compassion.

Si le domaine de la communication des risques et des résultats de votre avis sur l'évaluation environnementale vous semble un peu confus, rassurez-vous! C'est aussi le constat récent de plusieurs organismes et chercheurs cités dans une revue méthodologique (Rahm-Crites, 1998), qui constatent l'état encore expérimental de ce champ d'activités et le peu de connaissances solides sur les approches efficaces et efficientes.

Ceci dit, il demeure important d'investir dans les deux points essentiels que sont la préparation et la crédibilité, éléments évoqués plus en détail ci-dessous.

6.2 Préparation d'une stratégie de communication

Pour être efficace, les communications doivent être planifiées et plusieures étapes doivent être suivies, notamment :

- *Préciser l'avis, les risques/bénéfices, les propositions* : l'importance du risque à communiquer, des avantages à souligner, les options proposées, etc., doivent être bien clairs pour le porte-parole.

- *Déterminer les objectifs* : les objectifs de la stratégie de communication doivent être clairement définis. Le message vise-t-il à informer la population d'un risque pour la santé? Vise-t-il l'amélioration des connaissances? Le message implique-t-il un changement de comportement? L'avis de santé publique propose-t-il de nouvelles options?

- *Définir les différents groupes-cibles* : il est important d'identifier la population concernée par la communication du risque ainsi que les principaux groupes au sien

de cette population. Ne pas oublier les publics professionnels (fonctionnaires, médecins, ingénieurs, etc.), y compris vos propres collègues.

- *Tenir compte du contexte socioculturel* : il est important de bien comprendre les valeurs qui circulent dans une collectivité et ses sous-groupes. Cette compréhension permet de choisir les canaux de communication les plus adaptés en tenant compte des préférences sociales (notamment culturelles) en matière de transmission de l'information. Cette étape permet l'ajustement nécessaire aux structures de pouvoir et de circulation de l'information.

- *Choisir l'approche en fonction des groupes cibles et du contexte socioculturel* : on choisira une communication orale, écrite ou visuelle ou une combinaison de celles-ci. Il importe également d'identifier la personne (ou les personnes) la plus susceptible de communiquer le message avec succès. Quatre techniques de communication sont disponibles : les relations publiques, la publicité payée, les documents et les activités communautaires.

- *Les relations publiques* sont des activités de représentation effectuées en vue d'obtenir la collaboration gratuite d'individus ou de médias d'information. Les conférences de presse, les lettres aux lecteurs, les lignes ouvertes, la participation à des émissions de radio ou de télévision, les expositions, les kiosques, les concours en sont des exemples. Comme les individus accordent une grande crédibilité aux médias d'information, le message est aisément divulgué à un très large auditoire. Le contrôle du contenu est toutefois laissé aux médias, ce qui implique à l'occasion certains problèmes.

- *La publicité payée* implique toute promotion dans la presse écrite et électronique (radio, télévision), les médias communautaires, commerciaux, locaux, régionaux ou nationaux. Cette méthode permet de rejoindre des groupes sélectionnés mais implique habituellement des coûts substantiels.

- *Les documents sont des outils imprimés ou audiovisuels* : affiche, brochure, diaporama, vidéo, jeu éducatif, etc. Ils permettent d'intégrer des éléments plus complexes. Cependant, le mode de diffusion et la clientèle visée doivent être planifiés avec soin. Le tout entraîne souvent des coûts importants.

- *Les activités communautaires* sont définies comme toute communication directe avec la clientèle cible. Une assemblée publique, une session d'information en sont des exemples. Les événements communautaires peuvent aussi être utilisés pour transmettre un message. Généralement, cette technique a un impact très fort car

elle fait appel aux valeurs d'une collectivité et au besoin d'identification. Les frais encourus sont peu élevés.

La combinaison de plusieurs méthodes peut s'avérer intéressante et dépend de la situation et des objectifs poursuivis.

- *Préparer le message :* le communiqué de presse, un feuillet d'information additionnel, les lettres d'invitation à l'assemblée publique ou tout autre matériel à diffuser doivent être rédigés et destinés aux différents groupes cibles.

- *Implanter le programme de communication* : la coordination des activités est nécessaire ainsi que l'établissement d'échéanciers à respecter.

- *Évaluer les effets de la stratégie de communication* : autant que faire se peut, l'efficacité de la stratégie de communication et de ses impacts (incluant les effets pervers) doit être évaluée. Une évaluation du processus en tant que tel permettra de réajuster la stratégie en cours ou permettra d'améliorer les communications pour un dossier ultérieur.

L'intervenant de Santé publique pourrait être tenté de croire que son travail se limite à transmettre une information honnête et compréhensible à la population, mais ce serait ignorer les facteurs affectant la perception des individus. Le résultat net d'une telle attitude conduit plus souvent qu'autrement aux conflits et à la remise en question de la crédibilité de l'organisme Goldberg, 1992).

Par ailleurs, lorsque c'est possible, la participation de comités ou de représentants de citoyens auprès des professionnels de la santé publique constitue un gage de succès lorsque vient le temps de dialoguer avec la population. N'oublions pas que la communication implique également d'écouter ce que les gens ont à dire. Le plus souvent, la communication d'un avis de Santé publique ou d'un risque est la dernière étape d'un long travail un peu essoufflant et trop souvent coincé dans le temps. Il faut apprendre à y apporter l'énergie et le temps requis.

6.3 Le volet crédibilité

Difficile à maintenir, et facile à perdre, voilà en résumé la caractéristique principale de la crédibilité, qui demeure l'ingrédient essentiel d'une communication réussie.

Plusieurs moyens doivent être mis en œuvre pour bâtir et assurer la crédibilité d'une organisation ou d'un individu. Le maintien d'un niveau élevé de connaissances scientifiques, l'utilisation adéquate des méthodologies de recherche, la présence constante dans le milieu, les échanges continus avec la collectivité et ses divers groupes organisés en sont des volets importants.

Les autres aspects essentiels demeurent aussi l'indépendance d'esprit et l'exercice équilibré du jugement qui devra toujours et exclusivement pencher du côté de la Santé du public. Ce critère demeure en effet à la base du mandat du professionnel de la Santé, il ne faut pas l'oublier, et s'avère facile à suivre lorsque l'on traite de dossiers à forte teneur économique et environnementale, comme c'est toujours le cas en évaluation environnementale. Il importe donc de garder les pieds bien plantés dans le champ de la Santé publique et d'aborder les autres domaines de compétence sous forme de questions ou de mandats soumis aux autorités compétentes.

L'encadré 6.2 propose quelques principes déontologiques utiles en évaluation environnementale.

Encadré 6.2 : Les principes éthiques utiles en évaluation environnementale

Le professionnel, dans l'exercice de ses fonctions, doit :

- Effectuer son travail conformément aux connaissances scientifiques et aux méthodes les plus appropriées, éprouvées et à jour;
- Éviter, conformément à la loi, toute forme de discrimination;
- Faire preuve de discrétion et respecter les règles de confidentialité prévues en vertu des lois et règlements existants (la confidentialité touche autant les informations sur papier que celles issues de l'informatique);
- Exercer ses fonctions avec impartialité;
- Éviter tout conflit d'intérêt ou apparence de conflit d'intérêt, c'est-à-dire toute situation où le professionnel et l'organisation sont liés à des parties ayant des intérêts qui pourraient aller à l'encontre des intérêts de santé publique;
- S'assurer qu'en toutes circonstances, les résultats de l'évaluation des risques pour la santé publique puissent être divulgués en temps opportun, si cela est nécessaire;
- Favoriser le développement de l'expertise et la formation continue par l'échange des connaissances et des expériences.

7.0 CONCLUSION

En guise de conclusion, il semble opportun de préciser que diverses positions poliltiques prises ces dernières années appuient l'approche proposée dans ce guide. On se souviendra des grandes déclarations de Rio de Janeiro, des nombreuses chartes et déclarations qui ont suivi dans le monde sous le parrainage d'organismes internationaux, de L'ONU ou d'autres organisations. Ces prises de position nous touchent tous, mais il n'est rien de tel qu'une prise de position endossée par ses propres dirigeants. Cette déclaration existe, même si elle est plutôt passée inaperçue : tous les ministres provinciaux et fédéraux de la Santé et de l'environnement ont signé, en décembre 1996, une déclaration importante avec des implications incontournables pour le processus d'évaluation environnementale (voir encadré 8.1). Une telle déclaration vient légitimer une participation active du personnel de Santé aux évaluations environnementales, ainsi que l'approche véhiculée ici qui accorde une attention grandissante aux volets social et écologique de la Santé publique, en plus de son volet de Santé physique. Il ne reste maintenant que la phase la plus difficile mais aussi la plus gratifiante, celle de la mise en oeuvre. Bon travail!

Encadré 7.1 : Principes de coopération concernant la santé et l'environnement

PRINCIPES

Les ministres responsables de la Santé et de l'environnement reconnaissant que la santé humaine, la santé des écosystèmes et l'économie sont interdépendants. Nous croyons que :

- Tous les canadiens et canadiennes devraient avoir la possibilité de résider, de travailler et de se divertir dans des environnements en harmonie avec la nature;
- La salubrité des écosystèmes est essentielle à la santé de toutes les formes de vie terrestres;
- Le développement qui se fait aujourd'hui ne doit pas empêcher les générations actuelles et futures de se développer et de satisfaire leurs besoins environnementaux;
- Là ou il y a risque de dégât sérieux ou irréversible, on ne devrait pas plaider le manque de certitude scientifique pour ajourner les mesures efficientes destinées à endiguer la détérioration de l'environnement;
- Le développement durable doit être mieux compris sur le plan scientifique, ce qui sous-entend un partage des connaissances et l'adoption de techniques novatrices;
- Les stratégies de prévention sont préférables aux mesures correctrices;
- La population canadienne doit être informée de façon à pouvoir prendre des décisions qui favorisent et maintiennent la Santé des êtres humains et des écosystèmes.

Il est de la responsabilités des canadiens et canadiennes de prendre des décisions qui favorisent leur Santé et la Santé des écosystèmes. Les gouvernements du Canada doivent veiller à prendre des décisions qui protègent la Santé de la population et de l'environnement et à créer des conditions qui encouragent les particuliers et la collectivité à adopter des pratiques axées sur le développement durable.

SECTEURS DE COOPÉRATION

En foi de quoi, dans l'intérêt des générations canadiennes actuelles et futures, les gouvernements feront tout leur possible pour:

- Élargir les connaissances et l'échange d'information en matière de Santé humaine, de Santé des écosystèmes et des facteurs qui les déterminent;
- Identifier les domaines prioritaires demandant une action pancanadienne;
- Soutenir la collaboration entre les ministères de la Santé et de l'environnement et d'autres ministères connexes;
- Élaborer des stratégies interdisciplinaires favorisant la Santé humaine et celle des écosystèmes;
- Renforcer les liens entre les organismes gouvernementaux et non gouvernementaux; et
- Faciliter et encourager les programmes de sensibilisation publique et la participation de la population.

(CCME, novembre 1996)

Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 2 de 11

BIBLIOGRAPHIE

ACEE, 1998, CD-ROM ET SITES INTERNET.

ASSOCIATION CANADIENNE DE SANTÉ PUBLIQUE (ACSP), 1997. INCIDENCE DES CONDITIONS ET DES POLITIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES SUR LA SANTÉ, OTTAWA, 44 P.

BAKER, F. RISK COMMUNICATION ABOUT ENVIRONMENTAL HAZARDS, *JOURNAL OF PUBLIC HEALTH POLICY*, VOL. 11, Nº 3, 1990, P. 341-359.

BONHOMME, J. P. *POUR PROTÉGER LEUR SANTÉ, LES CITOYENS DOIVENT CONNAÎTRE L'INDUSTRIE CHIMIQUE*, LA PRESSE, MONTRÉAL, 17 MAI 1991, P. C-20.

BOULDING, K., 1966. THE ECONOMICS OF THE COMING SPACESHIP EARTH. IN: ENVIRONMENTAL QUALITY IN A GROWING ECONOMY, NEW YORK, HARPES AND ROW, P. 3-15.

CALDWELL, J.C., 198. ROUTES TO LOW MORTALITY IN POOR COUNTRIES POPULATION AND DEVELOPMENT REVIEW, 12: 171-220.

CANTER, L.W., 1998, METHODS FOR EFECTIVE EIA PRACTICE, CHAP. 6 IN ENVIRONMENTAL METHJODS REVIEW: RETOOLING IMPACT ASSESSMENT FOR THE NEW CENTURY, PORTER A.L. & J .J . FITTAPALDI (EDS), FARGO, USA, AEPI AND 1A1A, P. 58-68

CARDINAL, L., P. GOSSELIN ET A. NANTEL, 1989. L'ANALYSE DES RISQUES SOCIO-SANITAIRES D'ORIGINE ENVIRONNEMENTALE, ÉTAT DE SITUATION ET RECOMMANDATIONS. DOCUMENT DE TRAVAIL, 83 P.

CARRIER, G. ET COLL. *ANALYSE DES IMPACTS DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS PRODUITS PAR L'INCINÉRATEUR DES CARRIÈRES DANS L'AIR AMBIANT SUR LA SANTÉ DE LA POPULATION*, DSC MAISONNEUVE-ROSEMONT, MONTRÉAL, 1991, 48 P.

CAVINS, J., 1997. DEFINING GOALS AND CONDITIONS FOR A SUSTAINABLE WORLD, ENVIR. HEALTH PERSPECT. 105: 1164-1170.

CHESS, C. ET COLL. *IMPROVING DIALOGUE WITH COMMUNITIES: A SHORT GUIDE FOR GOVERNMENT RISK COMMUNICATION*, ENVIRONMENTAL COMMUNICATION RESEARCH PROGRAM, NEW-BRUNSWICK, NJ, 1988, 30 P.

COMITÉ DE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (CSEQ), 1998, RAPPORT ANNUEL D'ACTIVITÉS 1997-98, QUÉBEC, HTTP : //WWW.CSPQ.QC.CA/CSE

COMITÉ DE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 1993. ÉVALUATION DES IMPACTS DES GRANDS PROJETS SUR LA SANTÉ. CAHIER D'INTRODUCTION À L'ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LA SANTÉ.

COMMISSION MONDIALE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT, 1988. NOTRE AVENIR À TOUS. LES ÉDITIONS DU FLEUVE ET LES PUBLICATIONS DU QUÉBEC, MONTRÉAL.

COMMISSION ON RESOURCES AND ENVIRONMENT, 1994. FINDING COMMON GROUND: A SHARED VISION FOR LAND USE IN BRITISH COLUMBIA. BRITISH COLUMBIA, 98 P.

CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME), 1993, REGARD SUR L'ENVIRONNEMENT 1993, P. 21

CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME), 1993. REGARD SUR L'ENVIRONNEMENT 1993, CCME-SPC-74F, 115 P. ET ANNEXES.

CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT, 1996. PROTOCOLE D'ÉLABORATION DE RECOMMANDATIONS POUR LA QUALITÉ DES SOLS EN FONCTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA SANTÉ HUMAINE. CCME, PROGRAMME NATIONAL D'ASSAINISSEMENT DES LIEUX CONTAMINÉS, 186 P.

COSTANZA, R. *ET AL.*, 1987. THE VALUE OF THE WORLD'S ECOSYSTEM SERVICES AND NATURAL CAPITAL, NATURE, VOL. 387, 15 MAY, PP. 253-260.

COVELLO, V. T. TRUST & CREDIBILITY IN RISK COMMUNICATION, *HEALTH & ENVIRONMENT DIGEST,* VOL. 6, Nº 1, APRIL 1992, 8 P.

COVELLO, V. T. ET COLL. *RISK COMMUNICATION, RISK STATISTICS AND RISK COMPARISONS: A MANUAL FOR PLANT MANAGERS*, CHEMICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION, WASHINGTON, D.C., 1988, 47 P.

DALY, H., 1990. SUSTAINABLE DEVELOPMENT: FROM CONCEPT AND THEORY TOWARDS OPERATIONAL PRINCIPLES. BANQUE MONDIALE, WASHINGTON.

DAVIS K. ET B. SADLER, 1997, ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SANTÉ HUMAINE : PERSPECTIVES, APPROCHES ET ORIENTATIONS, SANTÉ CANADA ET IAIA, 54 P.

EL SERAFY 1991, 1993

EPA CALIFORNIE, 1996. A REVIEW OF THE CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY'S RISK ASSESSMENT PRACTICES, POLICIES, AND GUIDELINES. REPORT OF THE RISK ASSESSMENT ADVISORY COMITTEE, CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.

EPA. *SEVEN CARDINAL RULES OF RISK COMMUNICATION*, APRIL 1988, PAMPHLET.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA), 1995, INTEGRATED ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF ECONOMIC SECTORS AND ACTIVITIES, A SCOPING STUDY, D. BRIGGS ET AL. (EDS), U. OF HUDDERSHFIELD, CHAP. 3, 116 P., PROJECT N° EEA/059/95.

EVANS, R.G. ET G.L. STODDARD, 1994, PRODUCING HEALTH, CONSUMING HEALTH CARE, CHAP. 2, P. 27, IN EVANS ET AL., WHY ARE SOME PEOPLE HEALTHY AND OTHERS NOT?, ALDINE DE GRUYTER, NEW YORK.

EVANS, R.G., BARER, B.L. AND T.R. MARMOR, 1994. WHY ARE SOME PEOPLE HEALTHY AND OTHERS NOT? THE DETERMINANTS OF HEALTH POPULATIONS, ALDINE DE GRUYTER, NEW YORK, 378 P.

FISCHOFF, B., BOSTROM, A., QUADREL, M. J. *RISK PERCEPTION AND COMMUNICATION*, ANN. REV. PUBL. HEALTH, 1993, 14 : 183-203.

GIROULT, E., 1988, WHO INTEREST IN ENVIRONMENTAL HEALTH IMPACT ASSESSMENT, IN ENVIRONMENTAL HEALTH IMPACT ASSESSMENT, UNWIN HYMAN, LONDON.

GOLDBERG, G. IN THE FACE OF FEAR, *OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY*, MARCH/APRIL 1992, P. 34-46.

GOODLAND R., H. DALY, ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY, CHAP. 14 IN ENVIRONMENTAL AND SOCIAL IMPACT ASSESSMENT, ED. BY F. VANCLAY AND D.A. BRONSTEIN, OP.CIT.
GOODLAND, R. AND H. DALY, 1995. ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY, CHAP. 14 IN F. VANCLAY AND D.A. BRONSTEIN (EDS), ENVIRONMENTAL AND SOCIAL IMPACT ASSESSMENT, WILEY, REXDALE, ONTARIO, PP. 303-322.

GOSSELIN, P., BÉLANGER, D., BIBEAULT, J.-F. AND A WEBSTER, 1991. FEASIBILITY STUDY ON THE DEVELOPMENT INDICATORS FOR A SUSTAINABLE SOCIETY. QUÉBEC. FINAL REPORT TO HEALTH AND WELFARE CANADA.

GOSSELIN, P., D. BÉLANGER, J.-F. BIBAULT ET A. WEBSTER, 1991, FEASIBILITY STUDY ON THE DEVELOPMENT OF INDICATORS FOR A SUSTAINABLE SOCIETY, OTTAWA, HEALTH AND WELFARE CANADA.

GOUVERNEMENT DU CANADA, 1992, NORTH AMERICAN FREE TRADE AGREEMENT: CANADIAN ENVIRONMENTAL REVIEW, 121 P., CAT. N° E 74-54/1992E.

GRONDIN, J., PROULX, J.-F., BRUNEAU, S. ET DEWAILLY, E., 1994, SANTÉ PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT AU NUNAVIK, ÉTUDES/INUIT/STUDIES, 18 (1-2) : 225-251

HICKS' (1946)

HILL, H.E., C.L. SEYFRIT, M.J.E. DANNER, 1998, OIL DEVELOPMENT AND SOCIAL CHANGE IN THE SHETLAND ISLANDS 1971-1991, IMPACT ASSESSMENT AND PROJECT APPRAISAL, VOL. 16 (1), MARCH, P. 15-26

HODGE, T., HOLTZ, S., SMITH, C. ET H. BAXTER (EDS), 1995. LES SENTIERS DE LA VIABILITÉ : MESURER LES PROGRÈS, OTTAWA, TABLE RONDE NATIONALE SUR L'ENVIRONNEMENT ET L'ÉCONOMIE.

IAIA, 1996, ACTES, COLL. RANCO

IAIA, 1997, ACTES, COLL. IAIA

KAPLAN GA, HAAN MN. IS THERE A RÔLE FOR PREVENTION AMONG THE ELDERLY? EPIDEMIOLOGIC EVIDENCE FROM THE ALAMEDA COUNTY STUDY. IN : ORY MG, BOND K, EDS. AGING AND HEALTH CARE: SOCIAL SCIENCE AND POLICY PERSPECTIVES. LONDON . ROUTLEDGE, 1989: 27-51

KONHEIM, C. S. RISK COMMUNICATION IN THE REAL WORLD IN *RISK ANALYSIS*, VOL. 8, Nº 3, 1988, P. 367-378.

KOSOSKI, J. *PROVISION OF INFORMATION TO THE PUBLIC: REVISED DISCUSSION DOCUMENT*, OECD ENVIRONMENT MONOGRAPHS, Nº 29, 1990, P. 19-50.

KREWSKI, D. *CURRENT ISSUES IN RISK MANAGEMENT, RISK COMMUNICATION, RISK PERCEPTION AND PHARMACOKINETICS*, DISCUSSION PAPER FOR THE FEDERAL PROVINCIAL ADVISORY COMMITTEE ON ENVIRONMENTAL AND OCCUPATIONAL HEALTH, HEALTH PROTECTION BRANCH, HEALTH AND WELFARE CANADA, OCTOBER 1989, 30 P.

LAINESSE, P. *STRATÉGIE DE COMMUNICATION EU ÉGARD AUX RISQUES À LA SANTÉ PUBLIQUE*, DOCUMENT DE TRAVAIL PRÉPARÉ POUR LE COMITÉ DE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE (CSE) TRAITANT DE L'ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LA SANTÉ DES GRANDS PROJETS INDUSTRIELS, DSC HÔTEL-DIEU DE LÉVIS, JANVIER 1992, 14 P.

LEON, D.A., CHENET, L., SHKOLNIKOV, V.M. *ET AL.*, 1997. HUGE VARIATION IN RUSSIAN MORTALITY RATES 1984-1994: ARTIFACT OR ALCOHOL OR WHAT? LANCET, 350: 383-388.

LEWIS, C., 1998, COMMUNICATION PERSONNELLE, CONSULTANT POUR B.C. MINISTRY OF HEALTH

LYNCH, J.W., KAPLAN, G.A., AND S.J., SHEMO, 1997. CUMULATIVE IMPACT OF SUSTAINED ECONOMIC HARDSHIP ON PHYSICAL, COGNITIVE. PSYCHOLOGICAL AND SOCIAL FUNCTIONING, NEJM, VOL. 337, Nº 26, DEC. 25, 1997, PP. 1889-1895.

MARMOT, M.G., AND T. THEORELL, 1988. SOCIAL CLASS AND CARDIOVASCULAR DISEASE: THE CONTRIBUTION OF WORK. INTERNATIONAL JOURNAL OF HEALTH SERVICES, 18: 659-74.

MEF, 1992, DOCUMENTS À L'APPUI... (EAU)

MEF, 1998, DIRECTIVE POUR LA RÉALISATION D'UNE ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT D'UN PROJET DE LIGNE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE À HAUTE TENSION, MAI 1998, QUÉBEC, 26 P. SITE INTERNET (FRANÇAIS ET ANGLAIS) : HTTP://WWW.MEF.GOUV.QC.CA. DISPONIBLE GRATUITEMENT.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC (MEF), 1997-1998.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DU QUÉBEC (MSSS), 1998, TABAC.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX ET MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. *ENTENTE ENTRE LE MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX ET LE MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT RELATIVE AUX INTERACTIONS ENTRE LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT*, AVRIL 1987, 4 P. ET ANNEXE.

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX. *PROTOCOLE D'ENTENTE ENTRE LE MINISTRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX ET LES DIRECTEURS DE DÉPARTEMENTS DE SANTÉ COMMUNAUTAIRE RELATIVEMENT À L'ÉCHANGE D'INFORMATION ET AU PROCESSUS DE COMMUNICATION EN MATIÈRE DE PROTECTION DE LA SANTÉ PUBLIQUE*, QUÉBEC, MAI 1991, 13 P.

MSSS, 1998, ÉTUDE D'IMPACT DE LA LOI ANTI-TABAC.

MSSS-MEF, 1987, 1992 ENTENTE...

MURRAY, V. TCHERNOBYL, LE TERRIBLE MENSONGE, *L'ACTUALITÉ*, 1ER JUILLET 1990, P. 20-25.

NOTZON, F.C., KOMAROV, Y.M., ERMAKOV, S.P. *ET AL.*, 1998 CAUSES OF DECLINING LIFE EXPECTANCY IN RUSSIA, JAMA, 279;793-800

NRC, 1983, TRADUIT DANS CSE, 1993

NRC, 1994. SCIENCE AND JUDGMENT IN RISK ASSESSMENT. COMMITEE ON RISK CHARACTERIZATION. NATIONAL ACADEMY PRESS. COMMITTEE ON RISK ASSESSMENT OF HAZARDOUS AIR POLLUTANTS. COMMISSION ON LIFE SCIENCES.

OCDE, 1997, GUIDER LA TRANSITION VERS LE DÉVELOPPEMENT DURABLE : UN RÔLE ESSENTIEL POUR L'OCDE, RAPPORT, NOV. 1997, HTTP://WWW.OECD.ORG/...

OMS, 1947, CONSTITUTION DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, VOL. 1, NO. 29.

PARÉ, L. *ESTIMATION DES RISQUES ET BÉNÉFICES DE LA CONSOMMATION DES PRODUITS DE LA MER PAR LA POPULATION DE LA BASSE-CÔTE-NORD DU GOLFE SAINT-LAURENT, STRATÉGIE DE COMMUNICATION*, RAPPORT DE STAGE, DSC DE LA CÔTE-NORD (CRSSS-09) ET DSC CHUL, 26 AOÛT 1991, 82 P.

PATE RR, PRATT M, BLAIR SN, ET AL. PHYSICAL ACTIVITY A. 'D PUBLIC HEALTH. A RECOMMENDATION FROM THE CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION AND THE AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. JAMA, 1995; 273 : 402-7

PEAT MARWICK STEVENSON ET KELLOGG, 1993. REGARD SUR L'ENVIRONNEMENT 1993; ÉVALUATION DES PROGRÈS ACCOMPLIS EN MATIÈRE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE. DOCUMENT PRÉPARÉ POUR LE CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT. 115 P. + ANNEXES.

PRESIDENTIAL/CONGRESSIONAL COMMISSION ON RISK ASSESSSMENT AND RISK MANAGEMENT, 1997A; 1997B

PUBLIC HEALTH COMMISSION (PHC), 1995, A GUIDE TO HEALTH IMPACT ASSESSMENT, GUIDELINES FOR PUBLIC HEALTH SERVICES, RESOURCE MANAGEMENT AGENCIES AND CONSENT APPLICANTS, MINISTRY OF HEALTH OF NEW ZEALAND, WELLINGTON, 43 P.

RICHER, N. *L'EXPRESSION DU RISQUE TOXICOLOGIQUE*, DOCUMENT DE TRAVAIL PRÉPARÉ POUR LE COMITÉ DE SANTÉ ENVIRONNEMENTALE (CSE) TRAITANT DE L'ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LA SANTÉ DES GRANDS PROJETS INDUSTRIELS, DSC HÔPITAL SACRÉ-COEUR DE MONTRÉAL, MAI 1991, 5 P.

SADLER, B. ET AL., 1996, ÉTUDE INTERNATIONALE SUR L'EFFICACITÉ DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE, RAPPORT FINAL, IAIA ET AGENCE CANADIENNE D'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE, OTTAWA, NO. CAT. EN 106-37/1996F.

SANTÉ CANADA (1997). L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ, PARTENAIRES POUR LA VIE. SANTÉ CANADA, P. 35-51.

SANTÉ CANADA, 1996, LE RÔLE DES PROFESSIONNELS DE LA SANTÉ

SANTÉ CANADA, 1997, GUIDE CANADIEN D'ÉVALUATION DES INCIDENCES SUR LA SANTÉ, VOLUME 1, VERSION PROVISOIRE, MAI 1997.

SANTÉ CANADA, 1997. POUR UNE SANTÉ DURABLE : STRATÉGIE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE DE SANTÉ CANADA, OTTAWA, PAGINATION MULTIPLE.

SERAGELDIN, 1993A

SLOOFF, R., 1995, CONSULTANT'S REPORT ON THE COMMONWEALTH SECRETARIAT EXPERT GROUP MEETING ON HEALTH ASSESSMENT AS PART OF ENVIRONMENTAL ASSESSMENT, (ABERDEEM, SCOTLAND, FÉV. 1995), LONDON.

THÉRIVEL, RIKI AND MARIA PARTIDARIO, 1996, THE PRACTICE OF STRATEGIC ENVIRONMENTAL ASSESSMENT, EARTHSCAN, LONDON, CHAP. 2.

UNDP, 1997.

VANCLAY, F. ET D. BRONSTEIN, ÉD., 1995, ENVIRONMENT AND SOCIAL IMPACT ASSESSMENTS, LONDON, WILEY.

VROM (MINISTRY OF HOUSING, PHYSICAL PLANNING AND ENVIRONMENT), 1989, DUTCH NATIONAL ENVIRONMENTAL POLICY, PREMISES FOR RISK MANAGEMENT, SECOND CHAMBER OF THE STATES GENERAL, SESSION 1988-89, 21137, N° 5, 29 P.

WILKINSON, R.G., 1989. CLASS MORTALITY DIFFERENTIALS, INCOME DISTRIBUTION AND TRENDS IN POVERTY 1921-1981. JOURNAL OF SOCIAL POLICY 18 : 307-35.

WILKINSON, R.G., 1992. INCOME DISTRIBUTION AND LIFE EXPECTANCY. BRITISH MEDICAL JOURNAL, 304 : 165-68

CALC'W, P. (ED.), 1998, HANDBOOK OF ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT, BLACKWELL SCIENCE, OXFORD.

TRANSFERT ENVIRONNEMENT, 1996. PARAMÈTRES SOCIAUX DE LA GESTION INTÉGRÉE DES DÉCHETS, RAPPORT FINAL : RÉSENTÉ À RECYC-QUÉBEC, 95 P. ET ANNEXES, SOUS LA DIRECTION DE A. DELISLE.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 1988, SEVEN CARDINAL RULES OF COMMUNICATION, PAMPHLET.

PUBLIC AND ENVIRONMENTAL HEALTH BRANCH (PEHB), 1997, HEALTH IMPACT ASSESSMENT GUIDELINES, DPT OF COMMUNITY AND HEALTH SERVICES, HOBART, TASMARNIA, AUSTRALIA, DRAFT FEBRUARY 20, 1997.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE (OCDE), 1996. LA COHÉRENCE DANS L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE, PARIS, 112 P.

PUTNAM, R.D. (1993) MAKING DEMOCRACY WORK: CIVIC TRADITIONS IN MODERN ITALY, PRINCETON: PRINCETON UNIVERSITY PRESS.

ANNEXE I

EXEMPLES DE RISQUES POUR LA SANTÉ PAR SECTEURS ÉCONOMIQUES

Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 3 de 11

EXEMPLES DE RISQUES POUR LA SANTÉ PAR SECTEURS ÉCONOMIQUES

L'une des fonctions importantes du praticien de la santé publique lors d'une évaluation environnementale consiste à bien identifier les impacts négatifs possibles des contaminants, nuisances et autres facteurs de nature sociale ou économique des projets, programmes ou politiques. Une fois identifiés, ces impacts pourraient être éliminés ou minimisés. Les impacts résiduels peuvent faire l'objet de mitigation et de compensation; ils seront mis en balance avec les bénéfices du projet pour déterminer son acceptabilité dans une optique de santé publique (voir Chapitre 6).

Cette section présente uniquement des exemples d'impacts négatifs qu'il est fréquent de rencontrer avec certains types de projets. Un résumé du contexte général pour chaque type de projet est d'abord présenté, suivi d'une présentation, sous forme de tableau synthèse standardisé, des impacts potentiels les plus fréquemment rencontrés.

La grille utilisée permet au praticien de la santé peu familier avec un projet donné de se faire rapidement une bonne idée des impacts possibles. La grille peut servir de liste de contrôle, en ce sens qu'une étude d'impact pour un projet donné devrait fournir l'information nécessaire pour combler chacune des cases de la grille. Enfin, une telle grille peut bien sûr s'avérer utile à l'étape initiale de la directive : le responsable de la santé publique verra à demander que l'étude d'impact lui fournisse l'information nécessaire pour les agresseurs que l'on juge bon de documenter. La grille peut donc servir d'aide-mémoire pour préparer une directive de réalisation pou une étude d'impact.

Les exemples présentés ci-après ont été choisis en fonction des cas étudiés récemment par l'équipe de réalisation du guide. Un objectif ultérieur du présent guide est de compléter l'éventail des cas illustrés par une collaboration pancanadienne.

L'énergie

Perspective canadienne

A l'instar de la plupart des pays industrialisés, le Canada a une consommation énergétique élevée; sa situation de pays nordique constitue un facteur supplémentaire de consommation élevée. Sur une base *per capita*, seuls les Américains ont une consommation plus élevée que celle des Canadiens. La consommation énergétique globale s'est grandement accrue de 1960 à 1973, année de l'augmentation considérable des prix du pétrole. On a noté une

baisse de la consommation énergétique globale après 1973, puis une autre durant la récession économique du début des années 1980.

En 1994, la consommation énergétique canadienne était de près de 8 000 pétajoules, soit $8,0 \times 10^{18}$ joules, ce qui correspond à environ 175 millions de tonnes équivalent pétrole (tep)[1]. La plus importante demande énergétique, en 1994, était le pétrole avec 37% de l'énergie consommée (56% en 1971), suivie du gaz naturel qui comptait pour 27% de la l'énergie utilisée (19% en 1971).

L'énergie électrique[2] fournissaient 21% de l'énergie (comparativement à 9% en 1970), alors que le charbon fournissait 10% de l'énergie (12% en 1970) et le bois 5% (7% en 1970). On constate donc que la part du pétrole a régressé de 33% en 24 ans, en faveur du gaz naturel et de l'énergie nucléaire et hydro-électrique. Mentionnons finalement que les ressources énergétiques jouent un rôle capital dans l'économie canadienne, près de 8% du PIB étant attribuable à la production d'énergie.

Les divers modèles prévisionnels annoncent une demande énergétique qui pourrait varier entre 9 000 et 10 000 pétajoules en 2010. La croissance entre 1995 et 2010 sera donc beaucoup plus faible que celle enregistrée au cours des trois dernières décennies. Il ressort toutefois des modèles prévisionnels une stabilisation de chacune des sources d'énergie. Le pétrole continuera donc de jouer un rôle important alors que l'on attend pas de percée notable en ce qui concerne les énergies nouvelles (solaire, biomasse, éolienne, etc.).

La consommation énergétique au Québec

De 1961 à 1997 la consommation énergétique totale au Québec est passée de quelques 17 millions de tonnes équivalent pétrole (tep)[3] à près de 34 millions de tep en 1995, soit une augmentation de 100% en 35 ans. Cette croissance n'a cependant pas été également répartie, la plus forte période de croissance ayant été enregistrée durant un intervalle de 13 ans, de 1961 à 1974 (la consommation était d'environ 32 millions de tep en 1974), ce qui équivalait à une croissance annuelle de 7%. Après la crise pétrolière de 1973, la croissance évolue en dents de scie alors que la récession économique du début des années 1980 cause une régression marquée de la consommation énergétique au Québec. Par la suite, la croissance reprend un rythme régulier d'un peu plus de 2% par an; le Ministère des

---

[1] Une tep équivaut à l'énergie contenue dans un baril de pétrole brut canadien.

[2] Comprend l'hydro-électricité et l'électricité d'origine nucléaire ou provenant de centrale thermique fonctionnant au gaz ou au charbon.

[3] Une tep équivaut à environ 11 kWh (kilowatt-heure).

Ressources naturelles du Québec (MRN) prévoit d'ailleurs que ce rythme se maintiendra jusqu'en 2011, date à laquelle un peu plus de 45 millions de tep seraient utilisées.

En 1971, le pétrole constituait la forme d'énergie dominante au Québec, représentant 74% de la demande, suivie de l'électricité (19%) et du gaz (5%). Cette situation a radicalement changé puisqu'en 1995 le pétrole ne représentait plus que 41,5% du bilan énergétique québécois, suivi de très près par l'électricité (41,3%). Quant à l'utilisation du gaz naturel, elle a connu une forte hausse, passant de 5% en 1971 à 16% en 1995. Selon les prévisions du MRN, l'utilisation de l'électricité et du gaz naturel devrait s'accroître légèrement d'ici 2011 alors que celle du pétrole diminuera à 34,5%; on ne s'attend pas à des bouleversements majeurs, comme ceux qui ont modifié le profil de la consommation énergétique québécoise depuis la crise pétrolière de 1973.

Le pétrole devrait représenter encore au moins le tiers de la consommation énergétique de la province d'ici la fin de la première décennie du 21ème siècle, surtout à cause du secteur du transport. Si l'on examine l'évolution de la consommation par secteur, on constate que le chauffage résidentiel était assuré dans 82% des cas par le pétrole en 1971, proportion réduite à 19% en 1995. Quant à l'électricité, son emploi pour le chauffage domestique est passée de 7% en 1971 à près de 71% en 1995. Précisons que l'emploi des énergies non conventionnelles (énergie éolienne, solaire, combustion de biomasses forestières, de déchets urbains, etc.) a connu une hausse de 160% entre 1975 et 1995, mais elles représentent seulement une part limitée de la consommation énergétique (4 millions de tep en 1995, soit 11% de la consommation totale).

Il faut également noter que les économies d'énergies ont contribué à ralentir la demande énergétique au Québec. En 1984, la consommation moyenne qui était d'environ 2,65 tep par ménage (excluant l'énergie utilisée pour le transport) a été réduite à 2,51 tep en 1994. Cette consommation était l'une des plus faibles au Canada, le Québec était largement dépassé par le Manitoba (4,0 tep), l'Ontario (3,55 tep), le Nouveau-Brunswick (2,9 tep) et la Colombie-Britannique (2,68 tep).

Pour conclure ce portrait, il faut noter que, selon le MRN, l'utilisation des énergies non conventionnelles (éolienne, solaire, etc.) subirait une régression entre 1994 et 2011, passant de 9,6% à 8,4% du bilan énergétique québécois. Les difficultés technologiques et les coûts de développement seraient responsables d'un certain insuccès de ces énergies que l'on voyait pourtant prendre la relève dans les prévisions faites au cours des années 1980.

Sources :

Canada (1996) L'état de l'environnement au Canada. Gouvernement du Canada, Ottawa, 820p.

MER (1992) L'énergie au Québec, édition 1992. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec, 106p.

MRN (1997) l'énergie au service du Québec. Ministère des Ressources Naturelles, Gouvernement du Québec, 108p.

MER (1997) L'énergie au Québec, édition 1997. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Gouvernement du Québec, 120p.

ONE (1991) L'énergie au Canada; offre et demande 1990-2010, résumé. Office national de l'énergie (Gouvernement du Canada), 20p.

ONE (1994) L'énergie au Canada; offre et demande 1993-2010, tendances et questions. Office national de l'énergie, Gouvernement du Canada, 76p.

RNC (1993) Perspectives énergétiques du Canada, 1922-2020. Ressources naturelles Canada, Gouvernement du Canada, 99p.

Barrages hydroélectriques

Importance de la production québécoise

Bien qu'il existe un certain nombre de centrales d'hydroélectricité dans quelques provinces canadiennes, c'est au Québec qu'est concentré l'essentiel de cette production. En effet, depuis le début des années 1950, le Québec, tirant parti de ses importantes ressources

hydrauliques pouvant être harnachées, a considérablement développé sa production d'hydroélectricité. Ce développement a évidemment été accompagné d'une utilisation accrue de cette forme d'énergie tel que mentionné ci-haut. En fait, si on excepte le secteur des transports, l'électricité satisfait maintenant à la majeure partie des besoins en énergie des individus et des entreprises, occupant entre 50% et 65% des marchés concernés.

Le Québec est actuellement le troisième producteur mondial d'hydroélectricité, avec une puissance installée de près de 40 000 mégawatts (MW), incluant l'énergie provenant des chutes Churchill situées au Labrador sur le territoire de Terre-Neuve. Les trois quarts de cette puissance appartiennent à Hydro-Québec, avec 83 centrales installées sur le territoire. Les chutes churchill représentent 12% du total et les producteurs privés un peu plus de 8%. Le complexe La Grande est actuellement le premier ensemble hydroélectrique au monde avec un peu plus de 15 000 MW de puissance.

Évolution de la demande

Le gouvernement du Québec désire continuer à accroître sa puissance en harnachant diverses autres rivières afin de satisfaire la demande québécoise prévue et également celle des marchés d'exportation. La prévision de la demande en hydroélectricité faite par Hydro-Québec est habituellement basée sur des perspectives démographiques, économiques et énergétiques. Les prévisions de la demande en électricité faites au début des années 1990 ont cependant été revues à la baisse récemment; la croissance initiale annuelle prévue de 2,2% est maintenant de 1,5%, ce qui est deux fois moins que durant la période 1980-1995 et quatre fois moins qu'au cours des quinze années précédentes.

La révision à la baisse de la croissance annuelle de la demande en électricité est notamment à l'origine de la suspension des travaux du complexe Grande Baleine qui devaient être entrepris dans les années 1990. Toutefois, certains travaux de moyenne envergure, tel l'aménagement de la rivière Sainte-Marguerite-3 au nord de Sept-îles (près de 900 MW), ont été récemment entrepris. Par ailleurs, le gouvernement a donné la possibilité à des entreprises privées de produire de l'électricité pour la vendre à Hydro-Québec. Ces projets prennent habituellement la forme de nouvelles centrales; on note également la remise en état de centrales abandonnées depuis plusieurs années, comme celle de la rivière Chaudière et des Sept-Chutes (rivière Ste-Anne) près de Québec. Ces centrales hydroélectriques doivent cependant avoir une puissance inférieure à 50MW; au delà, Hydro-Québec demeure la seule entreprise habilitée à gérer les projets.

Impacts socio-économiques

La construction d'une centrale hydroélectrique nécessitant la création d'un réservoir par un ouvrage de retenue (barrage) en enrochement (barrage en remblai) ou en béton, est susceptible, selon la localisation, d'avoir d'importantes répercussions socio-économiques et environnementales.

Mentionnons ici que la mise en place du complexe la grande dans le nord québécois a perturbé le mode de vie traditionnel de plusieurs groupes d'autochtones.

Impacts atmosphériques

On décrit habituellement l'hydroélectricité comme étant une énergie propre puisqu'elle n'est pas produite à partir de combustibles fossiles émettant des gaz polluants dans l'atmosphère. On s'est toutefois interrogé sur la contribution de la construction de barrages à l'effet de serre. La perte d'arbres dans les zones inondées pourrait accroître l'effet de serre, conséquence de la décomposition de la matière végétale (émission de CO_2 et de CH_4) et de la perte d'un puits de carbone, les arbres en croissance absorbant du CO_2. Les modèles utilisés démontrent cependant que l'impact environnemental est très faible en ce qui concerne les gaz à effet de serre.

Impacts terrestres

Du côté environnemental, la mise en eau d'un réservoir provoque d'abord la disparition d'habitats fauniques terrestres tout en détruisant la ressource végétale. La végétation riveraine est la plus affectée et, plusieurs années après la mise en eau, les nouvelles berges demeurent souvent dépourvues de ce type de végétation du fait des marnages[4] qui sont parfois importants dans les réservoirs artificiels. Précisons que la petite faune est plus affectée par la présence d'un nouveau barrage, étant donné que ses capacités de déplacement sont plus limitées.

Impacts aquatiques

Le milieu aquatique est toutefois celui qui est le plus perturbé durant les premières années après la mise en eau du réservoir. Ce qui était préalablement une rivière devient un milieu lacustre où les paramètres physico-chimiques sont considérablement modifiés. L'ennoiement de la végétation engendre la présence d'une importance concentration de matière organique qui est dégradée par les micro-organismes. La demande biochimique

---

[4] Le marnage est la variation du niveau du réservoir causée par des périodes sèches et pluvieuses.

en oxygène (DBO) s'accroît et, conséquemment, on assiste à une baisse de la saturation en oxygène dissous. On assiste également à l'accroissement des éléments nutritifs (azote et phosphore) suite à la décomposition de cette matière organique, ce qui favorise la croissance du phytoplancton. En ce qui concerne la collectivité ichtyologique, on observe généralement un changement dans la composition de la population, certaines espèces de poissons étant favorisées alors que d'autres régressent.

La présence de mercure

Un important problème découlant de l'inondation du milieu terrestre est la transformation de mercure inorganique, lié au sous-sol rocheux, en mercure organique (principalement le méthylmercure) bioaccumulable par les organismes aquatiques. Cette transformation résulte de l'activité microbienne qui est favorisée par la présence d'eau. La contamination de la faune aquatique par le mercure a une importante répercussion socio-économique puisque les concentrations dans les organismes aquatiques est 5 à 6 fois plus élevée, ce qui limite habituellement la possibilité de consommation du poisson par les collectivités humaines locales.

Le niveau de contamination de la chair des poissons varie selon l'espèce mais, dans tous les cas, il s'agit d'un processus graduel sur plusieurs années. Par exemple, dans le cas du réservoir la grande 2, la concentration de mercure dans la chair du meunier rouge et du grand corégone atteint 0,k5 mg/kg pendant la cinquième année de mise en eau du réservoir et se maintient au moins jusqu'à la 9ème année; en ce qui concerne le doré et le grand brochet, qui sont des poissons carnivores, la concentration s'accroît constamment, au moins jusqu'à la 9ème année où elle atteint 3 mg/kg. Il est difficile de prévoir la période pendant laquelle la concentration de mercure dans la chair des poissons sera plus élevée que la normale, les études sur le sujet ne concordant pas; on pense cependant qu'une durée minimale de 15 à 30 ans est réaliste.

Une telle situation a nécessairement des répercussions sur l'alimentation des collectivités autochtones qui se nourrissent régulièrement de poisson. L'EPA, par le biais des « Health Effects Assessment Summary Tables » (HEAST) précise que la dose journalière d'ingestion du mercure ne devrait pas dépasser 0,002 mg/kg/j. Au Canada, le ministère de la Santé a déterminé que la chair des poissons consommés ne devrait pas contenir plus de 0,5 mg de mercure par kg. En fonction du niveau de contamination des poissons au Québec, on estime qu'on ne devrait pas consommer plus de 8 repas (230 grammes de poissons frais) par mois pour les espèces insectivores et pas plus de 2 repas par mois pour les espèces piscivores

qui sont plus contaminées. Il faut cependant préciser que ces règles ne sont pas nécessairement respectées par les populations autochtones vivant dans les régions nordiques du Québec, compte tenu de leur mode de vie traditionnel qui implique la consommation d'une grande quantité de poissons. Ces populations sont donc susceptibles de bioaccumuler plus de mercure que les populations consommant moins de poisson.

Impacts en aval de l'ouvrage de retenue

En aval du barrage, la réduction du débit du cours d'eau, qui peut être très importante en période de remplissage du réservoir, est susceptible d'avoir des conséquences importantes. Le cas le plus patent est celui de la fréquentation du milieu par un poisson anadrome qui se voit dans l'impossibilité d'effectuer sa montaison pour aller frayer. Le barrage constitue également un obstacle infranchissable pour les poissons. Selon sa taille, on peut toutefois aménager une passe migratoire qui favorise la montée du poisson. Il faut également mentionner les pertes d'usages récréatifs qui peuvent résulter d'une forte réduction du débit et de la largeur du cours d'eau, surtout durant les premières années qui suivent la construction du barrage.

Période de construction

On doit également mentionner les inconvénients environnementaux qui découlent de la période de la construction du barrage. La création de chemins, temporaires ou permanents, la circulation de camions lourds et le dynamitage sont autant d'activités susceptibles de générer des poussières qui, en retombant, polluent le milieu. S'ajoute à cela, la pollution par le bruit et la dégradation esthétique du milieu naturel. À titre de conséquence secondaire, la présence de chemins menant au barrage peut permettre l'accès à un milieu naturel jusqu'alors inaccessible. Les conséquences sont alors du même type que celles découlant des activités touristiques : destruction d'habitats fauniques ou de la sauvagine, sur-utilisation de certains milieux, pollution par les ordures et les véhicules motorisés, dérangement de la faune, etc.

Rupture

La catastrophe que l'on craint le plus est la rupture de barrage. Il s'agit d'un bris catastrophique de la structure de retenue et la relâche soudaine, rapide et non contrôlée de l'eau du réservoir. Cela résulte en une onde de submersion qui s'engouffre dans la vallée en aval du barrage. Les conséquences les plus importantes sont des pertes de vie et des dommages majeurs en aval du point de rupture.

A l'échelle de la planète, quelques 8 000 personnes sont mortes au 20e siècle à la suite de ruptures de barrages. Au Québec, où la gestion des barrages est soumises à des critères stricts, le seul cas, avant les inondations du Saguenay en 1996, est celui de la rupture du réservoir les Éboulements, en 1966, qui entraîna la mort de trois personnes à St-Joseph-de-la-Rive (région de Charlevoix). Sans qu'il y ait pertes de vie, la rupture d'un barrage peut causer des dommages importants à l'environnement naturel. Ainsi, la rupture d'un barrage dans la Réserve Faunique des Laurentides (au nord de Québec), en 1984, a dévasté quelques 144 hectares de forêts sur une distance de 6 km et emporté plus de 2 millions de m^3 de matériaux meubles, détruisant ainsi un des principaux habitats fauniques de la réserve.

Quant à l'événement du Saguenay, il s'est produit entre les 19 et 21 juillet 1996 lorsqu'une crue dévastatrice, causée par d'intenses précipitations, a entraîné le débordement de rivières. Des dommages considérables ont été causés à la propriété publique et privée; outre la dévastation de territoires forestiers et agricoles, le centre-ville de Chicoutimi et une partie de la ville de La Baie ont disparu sous les flots de la crue. On a assisté, durant ces trois journées, au débordement et à la rupture de barrages et de digues.

Secteur : énergie
Activité : ouvrage de retenu (barrage) pour la production d'hydro-électricité

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	rupture du barrage	destruction de l'habitat terrestre et aquatique	zone en aval du barrage (jusqu'à plusieurs dizaines de km)	- inspection régulière du barrage - préparation plan d'évacuation	-loi à venir, 1998 (gouvernement du Québec)
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- co_2 (provenant de la destruction de la végétation)	- effet de serre	- planétaire	- aucune	- engagements de Rio (1992) et Kyoto (1997)
Émissions liquides ou dans l'eau	- mercure organique	-contamination organismes aquatiques	- réservoir (en amont)	aucune	1 µg/l (q-2, reg. sur l'eau potable) 2 µg/kg/j, heast 0,5 mg/kg dans la chair[1]
	- matière organique en décompositionr	- pollution eau, baisse oxygène dissous	- réservoir	- récupérer végétation avant mise en eau réservoir	- aucune
	-débris flottants	- pollution eau, insalubrité, esthétisme	- réservoir	- récupérer végétation avant mise en eau réservoir	- aucune
Émissions solides ou dans les sols	- débris de construction divers (roc, sable, etc.)	- pollution, insalubrité, esthétisme	- voisinage du lieu de construction - routes d'accès	- récupérer matériaux rejetés - remettre les lieux en état - végétalisation	- aucune

Nuisances	- inondation (amont)	- destruction habitats terrestres	- zone du réservoir	- compensations	- aucune
	- assèchement (aval)	- destruction habitats aquatiques (affecte poissons)	- lit de la rivière en aval	- compensations, passes migratoires (pour poisson)	- aucune
	Bruit, poussières (durant construction)	- insalubrité	- secteur de construction		
Impacts indirects ou autre exposition	-dévalorisation - conflit social - exploitation de la faune et	- valeurs patrimoniale, économique ou touristique	- secteur construction du barrage et routes d'accès	- communication - compensation $	- bruit???

Agresseur/ Exposition	Effet sur la Santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique	blessures, traumatismes, décès	- communautés en aval du barrage, surtout celles près des rives de la rivière harnachée	- très rare	- rapports de la sécurité publique - inspections périodiques	Boivin *et al* (1994)
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- changements climatiques	- planétaire	- rare (dans le cas des barrages)	- concentration co_2 atmosphérique	- mysak (1994)
Émissions liquides ou dans l'eau	-intoxication (troubles comportementaux et neurologiques)	-consommateurs de poissons (en quantité importante)	-rare à fréquent	- dosage hg dans le sang et cheveux (15 à 30 mg mg/kg dans cheveux[5]	Tremblay *et al* (1994) BAPE (1993) et
	- N.A..	- N.A..	- N.A..	- dosage dbo	Hydro-Québec (1993)
	- insalubrité qualité de vie	- communautés avoisinantes, utilisateurs du milieu	- occasionnel	- aspect visuel des lieux	- BAPE (1993) et Hydro-Québec (1993) Mef et msss (1995)
Émissions solides ou dans les sols	- N.A..	- N.A..	- N.A..	- N.A..	
Nuisances	- qualité de vie	- communautés locales	- occasionnel à fréquent	- plaintes/perception	BAPE, rapport # 60 (1993) Hydro-Québec (1993) Complexe grande-baleine, rapport d'avant-projet
	- qualité de vie	- commautés locales	- occasionnel à fréquent	- plaintes/perception	

[5] Cette concentration est trois fois celle recommandée par l'OMS, cette dernière étant impossible à appliquer chez les communautés autochtones québécoises où le poisson est la denrée de base du régime alimentaire.

	- qualité de vie	- communautés locales	- rare à occasionnel	- plaintes/perception	
Impacts indirects ou autre exposition	- qualité de vie - stress - changements de diète chez autochtones ' ↑ maladies cardio-vasculaires, diabète, etc.	- communautés locales, région - communautés autochtones	- occasionnel à fréquent - occasionnel à fréquent	- plaintes/perception - indicateurs morbidité/mortalité	

Sources :

BAPE (1993) Aménagement hydro-électrique Sainte-Margerite-3. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, rapport n° 60, 452p.

Boivin, R., B. Bouchard, M. Desrochers, L. Molgat, J.-J. Paré, B. Robert et R. Tinawi (1994) La sécurité des barrages; les risques et les mesures préventives. Évaluation environnementale du projet Grande Baleine, dossier-synthèse N°. 6 Bureau de soutien de l'examen public du projet Grande Baleine, (Montréal) 53p.

Chamberland, A. et L. Gagnon (1995) Comparison of Atmospheric Emissions of Energy Systems. Hydro-Québec, 10p.

Hydro-Québec (1993) Complexe Grande-Baleine, rapport d'avant-projet. Société Hydro-Québec, 294p. + cartes annexées.

MEF (1992) État de l'environnement au Québec, 1992. Ministère de l'environnement et de la faune, Gouvernement du Québec, Les éditions Guérin, 560p.

MEF et MSSS (1995) Manuel de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce. Ministère de l'environnement, ministère de la Santé et des services sociaux, Gouvernement du Québec, 132p.

MRN (1997) L'énergie au service du Québec. Ministère des Ressources Naturelles, Gouvernement du Québec, 108p.

MRN (1997) L'énergie au Québec, édition 1997. Ministère des Ressources Naturelles, 120p.

Mysak, L.A. (1994) Variabilité et changement climatiques et aménagements hydroélectriques dans le nord du Québec. Évaluation environnementale du projet Grande Baleine, dossier-synthèse No. 1 Bureau de soutien de l'examen public du projet Grande Baleine, (Montréal), 98p.

Nicolet, R., L. Roy, R. Arès, Jj, Dufour, G. Marinier et G. Morin (1997) Rapport de la Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages (Gouvernement du Québec), pagination multiple.

Tremblay, A., M. Lucotte et C. Hillaire-Marcel (1994) Le mercure dans l'environnement et les réservoirs hydroélectriques. Évaluation environnementale du projet Grande Baleine, dossier-synthèse No. 2. Bureau de soutien de l'examen public du projet Grande Baleine, (Montréal), 177p.

World Bank (1991) Environmental Assessment Sourcebook. Volume III: Guidelines for Environmental Assessment of Energy and Industrial Projetcs. World Bank technical paper N° 154, Washington D.C., 237p.

Centrales de cogénération d'énergie

Nature de la cogénération

La cogénération désigne la production simultanée de deux formes d'énergie qui sont habituellement l'électricité et la vapeur. Cette cogénération de deux formes d'énergie fait elle-même appel à une ou plusieurs sources énergétiques. La plus utilisée est le gaz naturel, l'autre source (représentant la plupart du temps moins de 10% de l'apport énergétique) pouvant provenir de la combustion de diverses biomasses, de déchets, ou être une énergie alternative comme le vent. Cependant, dans les faits, la majorité des promoteurs ont opté pour l'emploi d'huile déclassifiée ou d'huile numéro 2 comme combustible alternatif.

SUGGESTION D'INTRODUIRE UNE FIGURE MONTRANT UN SCHÉMA TYPE D'UNE CENTRALE DE COGÉNÉRATION (SCHÉMA GÉNÉRIQUE)

Le gaz naturel et la source de combustible fossile servent habituellement à faire fonctionner des turbines qui actionnent elles-mêmes des génératrices produisant de l'électricité. Les gaz chauds provenant des turbines sont récupérés et actionnent à leur tour des turbines à vapeur; cette dernière peut-être utilisée par divers clients industriels ou pour actionner une autre génératrice produisant elle aussi de l'électricité. Il existe plusieurs combinaisons possibles que chaque promoteur évalue selon les besoins de sa clientèle potentielle. Les clients industriels achètent habituellement la vapeur alors que Hydro-Québec achète l'électricité.

Émissions atmosphériques

Les contraintes environnementales liées à l'exploitation d'une centrale de cogénération sont surtout atmosphériques. Même lorsque la centrale n'utilise que du gaz naturel, on note l'émission de l'ensemble des principaux polluants atmosphériques : particules en suspension, bioxyde de soufre (SO_2), monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NO_x), bioxyde de carbone (CO_2), méthane (CH_4), oxyde nitreux (N_2O) et composés organiques volatils (COV). Les émissions de ces substances sont minimales avec la combustion de gaz naturel, mais elles s'accroissent considérablement avec l'emploi de combustibles fossiles. Parmi ces polluants, on note la présence de particules en suspension, de plusieurs gaz à effet de serre (CO_2, CH_4 et N_2O), de gaz à l'origine des précipitations acides (SO_2 et NO_x) et de substances irritantes ou à la source d'ozone et de smog urbain (NO_x et COV). Mentionnons également que la combustion d'huile lourde, ou de carburant fossile, est susceptible de provoquer l'émanation d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Dans ce cas, les risques calculés prédisent habituellement un surplus de cancer de l'ordre de 10^{-6} (soit une personne sur un million) pour les adultes.

Eaux usées

Les eaux usées rejetées dans l'environnement par les centrales de cogénération proviennent habituellement de purges périodiques des chaudières et des consensateurs

de vapeur résiduelle. Une autre partie des eaux usées provient du lavage des équipements ou de la tuyauterie. En général, ces eaux sont peu polluées bien que la présence de certains biocides utilisés pour empêcher le développement de micro-organismes dans les équipements puisse donner un caractère toxique à ces rejets liquides.

Panache de vapeur

L'existence d'un panache de vapeur est susceptible d'engendrer divers inconvénients. Ainsi, le panache qui se transforme en brouillard au niveau du sol peut altérer la visibilité et entraîner la formation de glace sur la chaussée en hiver; dans les deux cas, il pourra y avoir des problèmes de sécurité routière

Odeurs

Les centrales de cogénération ne devraient pas engendrer de mauvaises odeurs, sauf si elles utilisent une grande quantité de combustibles fossiles en cas de panne du réseau gazier. Dans ce cas, les sources potentielles d'odeurs proviendraient de la présence de NO_x et de SO_2.

Pertinence économique

Les séances du bureau d'audiences publiques sur l'environnement ont montré que la question des centrales de cogénération était socio-politique plutôt qu'environnementale. Plusieurs intervenants se sont en effet interrogés sur la pertinence de la construction de telles centrales dans un contexte de surplus énergétique et d'incitation à la conservation de l'énergie.

Impacts socio-économiques

Si l'arrivée d'une centrale de cogénération est susceptible de stimuler l'économie du secteur, par la création d'emplois et un accroissement de l'achalandage dans les commerces du quartier, on convient néanmoins que des impacts socio-économiques négatifs pourront également être engendrés. Ces impacts négatifs découlent de la crainte qu'une pollution donnée, ou simplement la présence de la centrale, entraîne une dégradation de l'environnement naturel et humain, de même qu'une dévalorisation économique du quartier.

Secteur: énergie
Activité: centrale de cogénération utilisant principalement le gaz naturel comme combustible

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact Environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	incendies, explosions	Dépôts, fumées, Destruction	site et périmètre	confinement, captage	Csa z731-95, planification mesures d'urgence Nfta 850
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- particules en suspension	- blocage photosynthèse (dépôt sur feuilles)	- site et périmètre	- dépoussiéreur	- 150 µg/m3 (24h), Q-2, règ. qual. atm.
	- no_2	- formation smog et ozone au sol	- régionale	- réduction catalytique	- 0,2 ppm (1 heure) et 0,1 ppm (24h) Q-2, règ. qual. atm.
	- COV	- formation smog et ozone au sol	- régionale	- captage (biofiltration)	- aucune
	- co_2	- effet de serre	- planétaire	- réduction de la combustion	- engagements de Rio (1992) et Kyoto (1997) pour gaz à effet de serre
	- ch_4	- effet de serre	- planétaire	- aucune	
	- so_2	- précipitations acides, toxicité envers végétaux	- voisinage et communauté	- captage et absorption	- 0,5 ppm (1h) et 0,1 ppm (24h) Q-2, règ. qual. atm.
	- hap	- pollution	- site et périmètre	- captage et combustion	- 0,3 ppm (1h) et 13 ppm (moyen 8h) Q-2, règ. qual. atm.
	- co	- pollution	- site et voisinage	- captage	- 0,2 µg/m^3 (8h), Hap totaux (cum)[6]
Émissions liquides ou dans l'eau	- matières en suspension	- insalubrité et réduction visibilité	- cours d'eau récepteur	- bassin de rétention et sédimentation	- 0,5 mg/l (critère Env. Canada pour eau brute)
	- subst. Anti-corrosifs et biocides (d'eau refroidissement)	- toxicité envers organismes aquatiques	- cours d'eau récepteur	- aucune	- aucune
Émissions solides ou					

[6] Normes extraite du règlement sur la qualité de l'air de la Communauté urbaine de Montréal.

dans les sols					
Nuisances	- bruit et vibrations - panache de vapeur - odeurs	- salubrité - salubrité, visibilité sécurité - salubrité	- voisinage - site et périmètre - voisinage	- zone-tampon, meilleure technologie - concendation dans la cheminée - filtration	- l_{eq} 45 db (nuit) et 50 db (jour) - aucune - règ. municipaux
Impacts indirects ou autre expositi	dévalorisation	Valeur économique et sociale	périmètre et voisinage	compensation participation des citoyens	Q-2, section iv

Agresseur/ Exposition	Effet sur la Santé	Population à Risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique	irritations respiratoires, brûlures, décès	travailleurs et voisinage	très rare	rapport de la sécurité publique	Cspq (1994)
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- irritation des voies respiratoires, asthme	- voisinage (asthmatiques	- rare	- surveillance épidémiologique, dosage particules atmosphériques	BAPE (1993a, b) et BAPE (1994) Cspq (1994) Levallois et lajoie (1997)
	- irritants voies respiratoires	- voisinage	- rare	- dosage no_2 atmosphérique	
	- aucun aux concentrations prévues	- N.A..	N.A..	- tonnage d'émissions atmosphériques	
	- changements climatiques	- planétaire	- fréquent	- tonnage d'émissions atmosphériques	
	- changements climatiques	- planétairefréquent		- tonnage d'émissions atmosphériques	
	- problèmes respiratoires	- voisinage (asthmatiques)	- rare	- tonnage d'émissions atmosphériques	
	- ↑ carboxyhémoglobinémie	- voisinage	- très rare	- mesure co_2 atmosphérique et sanguin	
	- cancers (surtout poumons, vessie)	- voisinage	- très rare	- dosage b[a]p et autres Hap dans air ambiant	
Émissions liquides ou dans l'eau	- insalubrité, aucun effet direct	- utilisateurs eau polluée (baigneurs, canoteurs, etc.)	- rare	- mesure mes aquatiques	BAPE (1993a, b) et BAPE (1994)
	- inconnu	- N.A...	- N.A...	N.A..	
Émissions solides ou dans les sols					
Nuisances	- qualité de vie et sommeil, stress	- voisinage	- inconnue	- plaintes, mesure bruit ambiant	BAPE (1993a, b) et BAPE (1994)
	- qualité de vie	- voisinage	- inconnue	- plaintes	
	- qualité de vie	- voisinage	- inconnue	- plaintes	Cspq (1994)
Impacts indiirects ou autre expositi	- rôle d'évaluation, stress, qualité de vie	- voisinage et communauté	- inconnue	plaintes, rôle d'évaluation, études de perception	Cspq (1994)

Sources :

BAPE (1994) Centrale de cogénération d'énergie à Québec. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, rapport n° 76, 186p.

BAPE (1994) Centrale de cogénération d'énergie à Montréal-est. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, rapport n° 79, 119p.

BAPE (1994) Centrale de cogénération d'énergie à bécancour. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, rapport n° 81, 123p.

Concord environmental (1992) Risk Assessment and Risk Management For a Gas Turbine Cogeneration Plant. Final report CEC j3062, Downsview, Ontario, Canada.

CSPQ (1994) Projet de cogénération de Québec. Avis du centre de santé publique de Québec, 46p.

Klem,T., J. Grant et C. Casey (1993) Three Workers Die in Electrical Power Plant Fire, NFTA Alert Bulletin, NFTA Journal, March/April 1993, pp. 44-47.

Transport et liquéfaction de gaz naturel

Nature du projet

Les informations utilisées pour la préparation de la présente grille d'impact sont tirées du projet PAC-RIM LNG présenté au gouvernement de la Colombie-Britanniqueen 1995. Le projet visait principalement l'exportation de gaz naturel liquéfié dans les pays asiatiques, par navires spécialement conçus à cette fin, des méthaniers.

Le projet comprend trois composantes. La première est la construction d'un pipeline (oléoduc) (24 ou 30 pouces de diamètre) depuis Prince George (B.C.) jusqu'à la côte du Pacifique, soit à Prince Rupert ou Kitimat; l'oléoduc, d'une longueur de 507 km (Kitimat) ou de 592 km (Prince Rupert), transporterait 14 millions de mètres cubes (500 millions de pieds cubes) de gaz naturel par jour avec un diamètre de 24 pouces.

La deuxième composante est une usine de liquéfaction du gaz naturel, produisant du liquide de gaz naturel (LGN). D'une capacité de 3,5 millions de tonnes par an de LGN, l'usine, localisée à Prince-Rupert ou Kitimat, utiliserait un procédé de liquéfaction par refroidissement à -160 °c (-260 °F) dans une tour cryogénique. La liquéfaction du gaz naturel en liquide de gaz naturel (LGN) réduisant son volume de 625 fois, ce qui permet le transport par méthanier. Le processus de transformation comprend d'abord une étape d'enlèvement du gaz carbonique (CO_2) dissout dans le gaz naturel et une autre de déshydratation (enlèvement de l'eau contenue dans le gaz). La liquéfaction est réalisé par refroidissement avec du gaz propane comprimé, ainsi qu'un mélange d'azote, de

méthane, d'éthylène et de propane sous pression. Le bon fonctionnement des systèmes de réfrigération repose sur le refroidissement des gaz comprimés par de l'eau de mer, requise à un rythme de 300 000 litres par minute. Après liquéfaction, le gaz naturel, sous forme de LGN, serait entreposé dans quatre réservoirs pressurisés à double paroi, d'un volume de 95 000 m^3 (600 000 barils) chacun, à une température de - 160 °C.

La troisième composante du projet est la construction d'un port en eau profonde (Prince Rupert ou Kitimat) permettant de transborder le LGN dans des méthaniers à cale pressurisée, et à double paroi, d'une capacité de 125 000 à 135 000 m^3. Une soixantaine de navires seraient annuellement chargés de LGN à être acheminé vers des pays asiatiques comme la Corée et le Japon.

La construction du pipeline était estimée entre 575 et 725 millions $, alors que celle de l'usine de liquéfaction et du port en eau profonde est estimée à environ 850 millions $. la construction coûterait donc entre 1,3 à 1,5 milliards $ et nécessiterait l'embauche de 3 000 personnes/année. Les promoteurs du projet estiment que le projet ajouterait quelque 12 milliards $ au produit national brut du Canada durant sa durée de vie utile estimée à 20 ans.

Impacts environnementaux appréhendés

Il s'agit d'un projet majeur qui se fera en totalité en milieu nordique dans lequel plusieurs composantes environnementales seront affectées: qualité de l'eau, qualité de l'air, érosion du sol, dérangement de la sauvagine, de l'avifaune et des gros mammifères (caribou et ours). On ajoute aux impacts en milieu naturel, les effets sur les autochtones habitant cette région, notamment en ce qui concerne les modifications aux habitudes de vie et aux zones de chasse ou de trappe. Les impacts appréhendés sont décrits dans les pages qui suivent, pour chacune des composante du projet: oléoduc, usine de liquéfaction et port en eau profonde.

Les impacts résultants de la construction et de l'opération du pipeline

L'existence d'un oléoduc a peu d'impact sur la qualité de l'air à moins d'une rupture. Toutefois, le recours à des stations de pompage du gaz fonctionnant avec des combustibles fossiles est susceptible de rejeter dans l'atmosphère de faibles quantités de gaz de combustions: bioxyde de carbone (CO_2), monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NO_x) et composés organiques volatils COV (voir section sur l'usine de liquéfaction pour la description des effets de ces polluants).

D'une largeur de 18 mètres, l'emprise du pipe-line aura des impacts sur les constituants biotiques de l'environnement (végétation, faune aquatique et terrestre). Dans le cas examiné, on comptait traverser environ 200 cours d'eau de diverses dimensions ainsi que divers milieux humides. La destruction des berges et l'assèchement des zones humides sur une largeur de 18 mètres constituent des perturbations majeures. L'introduction de

matières en suspension et de produits pétroliers dans l'eau sont des impacts possibles durant la construction. Le résultat de ces perturbations aquatiques se ferait surtout sentir sur les poissons, notamment sur les salmonidés, dont les cinq espèces de saumons qui fréquentent la Côte Ouest canadienne.

La construction du pipe-line aurait également des impacts sur la sauvagine (oiseaux migrateurs) et l'avifaune (oiseaux qui ne migrent pas) en détruisant les habitats (coupe de la forêt) et en provoquant l'abandon des nids. Les ongulés (caribou, orignal, cerfs, etc.) sont susceptibles d'être dérangés par la présence de diverses machinerie pendant la construction alors que l'existence même de l'oléoduc peut modifier les habitudes migratoires de certaines espèces comme le caribou. Une perturbation des habitats des grands carnivores (ours noir, grizzly et cougar) est également possible, notamment dans le cas où leurs sources de nourriture (comme le saumon) sont elles-mêmes affectées. Il faut également tenir compte du fait que l'existence du corridor défini par le tracé du pipe-line peut favoriser l'accès aux chasseurs et augmenter ainsi la pression de la chasse sur diverses espèces animales.

Dans un autre ordre de conséquences, le pipeline traverserait plusieurs territoires appartenant à diverses tribus autochtones. Les modifications imposées aux habitats fauniques pourraient avoir un impact négatif, plusieurs espèces animales ayant un rôle majeur dans l'alimentation des populations autochtones. La pression de chasse accrue sur les ressources fauniques pourrait engendrer des difficultés d'approvisionnement parmi les populations amérindiennes. En ce qui concerne la qualité de vie des amérindiens, l'étude d'impact du promoteur estime qu'elle sera accrue, notamment par la création d'emploi et les impacts positifs sur l'économie régionale durant la construction. Il faut cependant tenir compte de certains effets pervers qui résultent de l'existence d'un tel équipement industriel majeur.

Des impacts plus directs sur la santé des populations autochtones pourraient notamment résulter de la contamination de leurs sources d'alimentation (végétale ou animale) par des déversements de produits pétroliers utilisés lors de la construction ou de l'entretien du pipe-line, ou par l'emploi d'herbicides servant à maintenir une zone dégagée dans une partie du corridor. Des changements des habitudes alimentaires, résultant de perturbations de la ressource faunique ou de l'accès à des aliments non conventionnels apportés des régions urbaines, sont également possible. De tels changements ont souvent eu des effets négatifs, tel que constaté dans le passé; des modifications, en apparente mineures, d'une tradition alimentaire séculaire peuvent entraîner divers problèmes de santé.

Le transport de gaz naturel par pipeline implique également la possibilité d'une rupture de canalisation, suivie par l'ignition possible du gaz relâché. Le gaz naturel étant très inflammable, la génération de chaleur découlant du passage forcé par la rupture peut être suffisante pour allumer un incendie. Il existe donc un risque permanent que des personnes soient blessées ou tuées si elles se trouvent à proximité du lieu de survenue de la catastrophe.

Les impacts liés à la construction et à l'opération de l'usine de liquéfaction du gaz naturel

L'existence d'un complexe pétrolier ou gazier implique d'abord la possibilité d'une fuite d'hydrocarbures suivit d'une explosion. Dans le cas présent, le plus grand risque découlerait d'une fuite de gaz naturel ou de liquide de gaz naturel (LGN), lequel est inflammable dans l'atmosphère à une concentration variant entre 6 et 13%. selon l'importance de la fuite, la direction et la force des vents, le panache de gaz naturel pourrait se diriger vers des lieux habités à une concentration inflammable, impliquant ainsi le risque d'une catastrophe.

Plusieurs gaz polluants seraient rejetés dans l'atmosphère lors du fonctionnement de l'usine. L'enlèvement du gaz carbonique (CO_2), l'utilisation de brûleurs (torchères) pour éliminer les excès de méthane ou de divers hydrocarbures ainsi que des fuites mineures provenant des nombreuses valves engendreront le rejet des polluants suivants: bioxyde de carbone (CO_2), monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NO_x), composés organiques volatils COV et méthane (CH_4).

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz sans odeur qui peut conduire à l'augmentation de carboxyhémoglobine. On ne s'attend par à ce qu'il existe en concentration assez élevée pour représenter un problème. Il ne sera donc pas considéré comme un polluant dans le cas présent.

Les oxydes d'azote (no_x) comprennent notamment l'oxyde nitrique (NO) qui se transforme rapidement en bioxyde d'azote (NO_2); ce dernier est un gaz brunâtre à l'odeur âcre et irritante dont la toxicité provient de sa capacité à oxyder les membranes cellulaires. Ce gaz entraîne une baisse de la perception des odeurs, des modifications de la fonction pulmonaire et, dans les cas d'exposition importante, l'apparition d'un oedème pulmonaire. Un des effets les plus important de l'exposition chronique aux NO_x est l'emphysème et la réduction du volume expiratoire forcé. Il faut aussi noter la particularité que possède le NO_2 de réagir avec les COV pour former le smog photochimique (voir plus loin).

Les composés organiques volatils (COV) sont essentiellement des hydrocarbures susceptibles de s'évaporer à la température ambiante et exister dans l'atmosphère sous forme gazeuse; on en compte des milliers dont certains sont relativement toxiques. Les principaux COV qui sont produits par les moteurs à combustion sont: les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) qui se forment dans presque tous les types de combustion incomplètes et qui comprennent plusieurs composés cancérigènes dont le benzo[a]pyrène (BAP); les hydrocarbures oxygénés qui comprennent des aldéhydes (ex.: formaldéhyde), des cétones (comme l'acétone), des alcools (ex.: le méthanol) et des acides organiques (comme l'acide formique) sont des substances irritantes pour les voies respiratoires et les muqueuses. Il convient de mentionner que certains COV, comme le benzène, le chloroforme et la formaldéhyde, sont soupçonnés d'être cancérigènes chez l'humain.

Une réaction photochimique entre les NO_x et les COV induit la formation de polluants secondaires, collectivement appelés smog photochimique. Ce smog comprend l'ozone (o_3) au sol (troposphérique), divers radicaux libres, des hydrocarbures oxygénés comme les aldéhydes, ainsi qu'un groupe de substances appelées nitrates de peroxyacyle (PAN). Elles ont toutes la propriété d'être fortement irritantes pour l'appareil respiratoire, certaines étant par ailleurs mutagènes (PAN) ou cancérigènes (formaldéhyde). La formation de smog est particulièrement préoccupante, compte tenu des problèmes de santé qu'il engendre, mais aussi parce que c'est un des rares polluants atmosphériques urbains dont la concentration s'accroît constamment au Canada.

Quant au CH_4, il est l'un des principaux gaz à effe serre. Bien qu'il est habituellement émis en quantités très inférieures à celles du CO_2, son potentiel réchauffant étant de 25 à 30 fois plus élevé, ses effets globaux sur le réchauffement planétaire ne sont pas négligeables. Au Canada, l'exploitation pétrolière et gazière constitue la deuxième plus importante source d'émissions de méthane, après le biogaz provenant des sites d'enfouissements sanitaires et des dépotoirs.

La construction de l'usine, de même que son fonctionnement, sont susceptibles d'engendrer des nuisances sonores pouvant déranger les animaux ou les humains vivant aux abords du site. Le bruit se définit généralement comme toute énergie acoustique susceptible d'altérer le bien-être physique ou psychologique des individus. La mesure la plus souvent utilisée est une valeur moyenne de niveau sonore équivalent (L_{eq}) par unité de temps (par exemple, 24 heures). L'échelle utilisée pour cette mesure est celle des décibels qui est logarithmique, signifiant ainsi que le bruit double d'intensité avec toute augmentation de 3 décibels.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) propose de limiter le bruit à l'intérieur d'une résidence à moins de 45 dB(A) durant le jour et à 35 dB(A) durant la nuit afin de préserver le sommeil. À l'extérieur, durant le jour, l'oms suggère une limite de 50 dB(A) L_{eq} et de 45 dB(A) L_{eq} pendant la nuit. On considère qu'au delà de 55 db(a), le niveau de nuisance est sérieux dans un quartier résidentiel. Dans des zones industrielles ou dans un environnement de travail, on considère cependant qu'un niveau de 75 dB(A) L_{eq} (8 heures) est acceptable. Il faut noter que ces normes sont actuellement en révision.

Les principaux problèmes que l'on peut attribuer à l'exposition au bruit sont l'altération du sommeil, la gêne de la communication, des effets sur le rendement et le comportement des écoliers ainsi que le sentiment de nuisance qui porte atteinte à la qualité de vie des citoyens. Par ailleurs, on a aussi noté qu'une exposition chronique peut provoquer une élévation de la tension artérielle.

La construction de l'usine de liquéfaction engendrerait nécessairement une perte d'habitats fauniques terrestres (mammifères et oiseaux) ou aquatiques (sauvagine, poissons, invertébrés) sur une superficie d'au moins 64 hectares (surface dégagée pour

l'implantation), de même qu'une pollution potentielle du sol et de l'eau par des déversements accidentels d'hydrocarbures.

La construction de l'usine à proximité du rivage marin aura des effets sur cet écosystème: pollution et accroissement de la turbidité par ruissellement ainsi que destruction d'habitats benthiques nécessaires aux animaux habitant le fond de l'océan. Quant à l'opération de l'usine, elle pourrait avoir des impacts négatifs sur l'écosystème marin, compte tenu du fait que 300 000 litres d'eau de mer par minute seraient utilisés pour refroidir les gaz de réfrigération. On estime que l'eau retournée à la mer aurait une température supérieure de 0,5 °C à celle prélevée. Cette élévation n'est pas susceptible de déranger les gros mammifères marins ou les poissons, mais la faune et la flore benthiques pourraient être affectées.

La surface requise pour l'implantation de l'usine, de même que son périmètre adjacent entraîneront la destruction de tous les habitats floristiques et fauniques pouvant être utilisés à titre de ressources alimentaires par les autochtones. De plus, le déversement accidentel de produits pétroliers (lors de la construction) ou de produits chimiques divers lors du fonctionnement pourraient contaminer les ressources terrestres ou aquatiques dans un plus large périmètre si les bassins de contention et les digues protectrices autour des réservoirs et des canalisations sont incapables de retenir les liquides.

Impacts liés à la construction et à l'opération du port de transbordement en eau profonde

La construction du port en eau profonde entraînera une augmentation de la turbidité dans la région portuaire. Par la suite, le déplacement des navires sera également responsable d'une augmentation de la turbidité dans un rayon de quelques centaines mètres du quai. La turbidité et le déplacement des fonds marins, résultant des remous créées par les hélices des bateaux, auront un impact sur la faune benthique, pouvant gravement la perturber dans certains cas. La présence de sédiments dans l'eau provoque aussi divers problèmes chez les poissons, couvrant les habitats de fond, interférant avec la respiration et, parfois, avec la reproduction. Ces effets seront négligeables chez les mammifères marins, ceux-ci ayant un habitat plus vaste et pouvant se déplacer afin d'éviter la région perturbée. Le déversement de LGN ou de produits pétroliers, servant à propulser les navires, pourrait avoir des impacts majeurs si le volume répandu est important. Dans ce cas, l'avifaune est habituellement la plus touchée, comme l'on démontré de nombreux incidents de déversement de produits pétroliers depuis les années 1960.

La santé humaine n'est pas directement menacée par la construction et la présence d'un port en eau profonde. Toutefois, la nature du produit transbordé, le LGN, représente un risque si une fuite produit une explosion. Dans ce cas, ce sont surtout les personnes travaillant dans la zone portuaire qui sont les plus exposées; des blessures et des décès étant possibles. Un étude effectuée au Québec dans un contexte de transport de gaz propane par navire a estimée que le risque annuel d'un accident associé au mauvais

fonctionnement des systèmes de remplissage des navires serait de l'ordre de 10^{-4} avec un taux de mortalité d'environ 10^{-2}/an. La santé humaine serait indirectement concernée dans le cas où des déversements ponctuels de produits pétroliers contamineraient l'eau de mer; il pourrait alors en résulter une bioaccumulation de certaines substances qui se concentrent dans les derniers maillons de la chaîne alimentaire, dans ce cas les poissons carnivores et les mammifères marins. La consommation de ces animaux pourrait, dans une certaine mesure, représenter un risque pour la santé humaine.

Secteur: énergie
Activité: transport et liquéfaction de gaz naturel

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	- rupture de pipeline, canalisations ou réservoirs, - explosions - incendies	- destruction des habitats terrestres, aquatiques et marins	- surtout site et périmètre; peut-être régionale	- inspections régulière, planification des mesures d'urgences, - confinement	- normes csa appropriées comme Z184 et z276-m1994
Impacts et rejets atmosphériques	- co_2	- effet de serre	- planétaire	- captage du co_2 extrait du gaz naturel	- aucune
	- ch_4	- effet de serre	- planétaire	- prévention des fuites	- aucune
	- no_x	- toxicité, formation de smog et ozone au sol	- locale et régionale	- systèmes anti-pollution	- 200 µg/m³ (24h) pour le no_2
	-COV	- toxicité, formation de smog et ozone au sol	- locale et régionale	- captage ou ↑ performances de combustion	- aucune
Impacts et rejets aquatiques	- matières en suspension	- insalubrité, perturbation de la vie aquatique	- cours d'eau, en aval, ou périmè- marin	- mesures préventives, mais difficile à contrôler	- pour l'ensemble des polluants: loi sur les pêches (Canada); loi canadienne sur l'évaluation environnementale; lois provinciales applicables (b.c. environmental assessment Act)
	- hydrocarbures	- insalubrité; toxicité pour la vie aquatique	- cours d'eau, en aval, ou périmètre marin	- confinement, mais difficile à contrôler	
	- détournement ou assèchement de cours d'eau et milieux humides	- destruction des habitats fauniques	- cours d'eau ou zone humide, site et périmètre	- mesures de mitigation, restauration	
Résidus solides Impacts sur le sol	- destruction forêt et habitats terrestres	- pertes d'habitats fauniques, dérangement de la faune	- site et périmètre	- réduction des surfaces détruites, mesures de mitigation appropriées	- loi sur les oiseaux migrateurs (Canada); Loi canadienne sur l'évaluation environnementale; b.c. env. Assessment act.
	- déversement d'hydrocarbures	- esthétisme, toxicité pour animaux	- site et périmètre	- prévention et confinement	
Nuisances	-bruit et poussières	- perturbation de lafaune, insalubrité	- site et périmètre	- mesures d'atténuation du bruit et abat-poussière	- L_{eq} 45 dba la nuit et 55 dba le jour (normes oms);

					Loi canadienne sur l'évaluation environnementale; b.c. env. Assessment act
Impacts indirects et sociaux	- conflit social	- économique	- communautés locales et régionales	- compensation $ communication	- loi sur les indiens, traités conclu avec les amérindiens
	- perte de sites ancestraux et archéologiques	- valeur patrimoniale et culturelle	- communautés autochtones locales et régionales	- communication, déplacement artéfacts, modification du projet	- heritage conservation act (b.c.)
	- modification de l'alimentation traditionnelle des autochtones	- N.A...	- communautés autochtones locales et régionales	- mesures de mitigation, communication, modification du projet	-???

Agresseur/ Exposition	Effets sur la Santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/cas documentés/ références
Sinistre technologique	- irritations respiratoires, brûlures, traumatismes, décès	- surtout travailleurs, puis population habitant le périmètre	- très rare, de l'ordre de 10^{-7} à 10^{-2} mort par an	- rapports d'incidents, de morbidité et de mortalité - explosimétrie	
Impacts et rejets atmosphériques	- inconnus	- planétaire	- fréquente	- mesure dans air ambiant, température moyenne annuelle	
	- asphyxie, inconnus pour changements climatiques	- travailleurs (asphyxie) et planétaire (changements climat.)	- rare et fréquente	- mesure dans l'air ambiant, explosimétrie, tempér. moyenne ann.	
	- irritation voies respiratoires, smog provoque inflammation	- habitants zones urbaines	- occasionnelle durant périodes très chaudes	- mesure dans l'air ambiant	
	- irritation voies respiratoires, smog provoque inflammation	- habitants des zones urbaines	- occasionnelle durant période très chaudes		
Impacts et rejets aquatiques	- N.A...	- N.A...	- N.A...	- N.A...	
	- toxicité, cancérogénicité possible si hap présents	- consommateurs eau potable	- rare ou inconnue	- mesure de la concentration dans eau	
	- N.A...	- N.A...	- N.A...	- N.A...	
Résidus solides Impacts sur le sol	- N.A...	- N.A...	- N.A...	-N.A...	
	- effets toxiques peut-être cancérigènes	- travailleurs manipulant le sol	- rare ou inconnue	- dosage des concentrations dans le sol	

Nuisances	- qualité de vie, perturbation du sommeil, stress, agressivité, hypertension	- travailleurs et résidants en périphérie	- rare à fréquente	- mesure du bruit ambiant extérieur et intérieur, plaintes, suivi médical	
Impacts indirects et sociaux	- stress individuel et collectif - qualité de vie, stress - changements d'habitudes de vie, problèmes de Santé comme maladies cardio-vasculaires	- voisinage et communautés - communautés locales et régionales - communautés locales et régionales	- occasionnelle - occasionnelle à fréquente - occasionnelle à fréquente	- suivi de l'évaluation foncière, études de perception - plaintes, perception des communautés - perception des communautés, suivi médical à long terme, études épidémiologiques	

Source

PAC-RIM LGN Inc (1995) Project approval certificate application pac-rim lgn inc. PAC-RIM LGN Inc, Calgary, 192 p. + annexes.

BAPE (1991) Proket Soligaz: approvisionnement et entreposage souterrain de liquides de gaz naturel à Varennes. Rapport d'enquête et d'audience publique, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, 101p.

Transports et communications

Projets routiers

Le réseau routier québécois s'étend sur quelque 62000 kilomètres. Le rythme d'accroissement de la longueur de ce réseau s'est considérablement ralenti depuis le milieu des années 1980. Toutefois, il existe encore quelques grands projets d'autoroutes à construire; de plus, le gouvernement procède régulièrement à des travaux majeurs sur l'ensemble du réseau routier : contournement de villes et villages, redressement de courbes, aplanissement de côtes, élargissements de ponts, etc. Les travaux routiers sont habituellement justifiés pour assurer la fluidité de la circulation et permettre une plus grande sécurité. C'est dans ce contexte que s'inscrit le contournement de villes et de villages par de nouvelles autoroutes ou un nouveau tracé de routes régionales.

Les impacts liés à la construction routière sont de deux ordres : ceux liés à la phase de construction, qui sont temporaires, et ceux découlant de la présence de la route, qui sont permanents.

Impacts temporaires liés à la phase de construction ou de réaménagement routier

Parmi les principaux impacts découlant de l'aménagement routier, on note surtout la circulation de camions et de machinerie lourde. Les problèmes proviennent du débit de circulation des camions, de leur vitesse, du bruit engendré ainsi que de la poussière soulevée par le passage des poids lourds. L'horaire des travaux est un aspect important du chantier de construction et il est habituellement limité entre 7 heures et 18h ou 19h.

En ce qui concerne le bruit, rappelons que l'organisation mondiale de la Santé suggère des pointes maximales de 45 dB(a) la nuit dans une chambre à coucher. Durant le jour, on propose un niveau maximal de 55 dB(a) à l'extérieur. Le niveau extérieur risque d'être dépassé occasionnellement lors du passage de camions ainsi que lors de l'opération de certains équipements (pelle mécanique, niveleuse, etc.)

Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 4 de 11

Les poussières sont en fait des particules en suspension dans l'air ambiant. Des travaux tels que la construction de routes, qui nécessitent le recours à des processus mécaniques, produisent généralement des particules grossières, moins néfastes pour la Santé que les particules fines qui pénètrent plus facilement dans les poumons. Diverses études ont montré qu'il existe un lien entre les particules présentes dans l'air et toutes sortes d'effets néfastes sur la santé allant de symptomes respiratoires passagers et bénins, à une agravation des maladies cardio-pulmonaires et même à un décès prématuré. Si les riverains subissent une exposition passagère à des poussières lors de la construction de routes, la circulation une fois la route en service est, elle, la cause d'une exposition prolongée à des particules par le biais de la poussière de la route et des échappements des véhicules. Pour le personnel des chantiers routiers, il s'agit souvent d'une exposition à long terme du fait qu'ils passent d'un chantier à un autre. Il faut également souligner que la phase de construction peut engendrer des problèmes de sécurité, tant pour les travailleurs et les résidents que pour les automobilistes qui doivent traverser le chantier de construction. Une bonne signalisation constitue un élément préventif primordial afin d'éviter des accidents. On doit également mentionner les risques résultant du dynamitage.

Les impacts psycho-sociaux

La construction et la réfection routières sont susceptibles d'engendrer certains problèmes de nature psycho-sociale. On retient surtout l'expropriation, la déstructuration du milieu agricole et l'étalement urbain

L'expropriation signifie souvent le déplacement de la résidence principale, voire sa démolition. Lorsque le déménagement d'une résidence n'est pas nécessaire, la proximité de la route peut engendrer des craintes quant à la sécurité de même que des problèmes de bruit et de poussières. La présence d'une emprise routière « à la porte » d'une maison de même que la perte d'un aménagement paysager résulte nécessairement en une dévalorisation de la demeure même si l'évaluation municipale est peu modifiée. Le stress, la diminution de la qualité de vie et, éventuellement, une perte financière lors de la vente de la propriété sont donc des conséquences attendues dans ces cas.

La déstructuration du milieu agricole est l'abandon de terres qui deviennent inaccessibles ou difficiles à cultiver à cause de la présence trop importante de multiples infrastructures urbaines. Dans ce contexte, le quadrillage du territoire par les voies rapides morcelle les terres agricoles, limite leur accessibilité ou diminue leur qualité. De plus, ce quadrillage crée une spéculation latente qui empêche la relève agricole de s'établir. Ces événements sont susceptibles de causer un certain stress chez les agriculteurs dont le territoire est amputé ou déstructuré au point où la qualité de ce qui reste est affectée.

On peut également considérer l'étalement urbain comme une conséquence de la construction de routes ou d'autoroutes qui rendent accessibles des territoires situés en milieu rural. L'apparition de banlieues, liées à l'étalement urbain, implique notamment l'accroissement du besoin de nouveaux services, une augmentation des coûts de Santé

ainsi qu'un dépérissement des centre-villes; dans ce dernier cas, les conséquences attendues sont généralement une augmentation de la criminalité et de le pauvreté et, plus généralement, l'apparition d'un milieu plus ou moins insalubre où la qualité de vie est affectée.

Le bruit

La construction ou la réfection d'une route peut être la source de dérangements sonores importants comme on a pu le constater dans divers chantiers routiers. Par exemple, la réfection de l'autoroute métropolitaine durant l'été 1990 (à Montréal) a engendré un niveau sonore variant entre 65 et 80 dba, à 30 mètres des travaux, rayon qui englobait les résidences les plus près, situées à une dizaine de mètres de distance. Ce niveau sonore est qualifié de fortement perturbateur et entraîne des réactions comme le stress, l'impossibilité de se concentrer et même la mauvaise humeur. Certains travaux, comme l'hydrodémolition et l'utilisation de jets de sable ont engendré un niveau sonore variant de 80 à 95 dba à 30 mètres, soit une intensité inacceptable lorsqu'elle dure des heures.

La circulation des véhicules sur le réseau routier constitue aussi une source majeure de nuisance sonore. Le bruit provient habituellement de trois sources : le frottement des pièces mécaniques entre elles, la circulation de l'air autour du véhicule et le frottement des pneus sur la chaussée. Dans ce dernier cas, on note une augmentation de 9 à 13 dba pour un doublement de la vitesse alors que la présence d'eau sur la route peut causer un accroissement de 10 dba. Les autoroutes en milieu urbain sont sources de nuisances sonores importantes. Au Québec, à une distance correspondant à la première rangée de résidences situées près des autoroutes urbaines ou périurbaines, on note une intensité sonore moyenne de 70 à 75 dba, ce qui est un niveau nettement agresseur.

Il existe divers moyens de réduire le bruit causé par la circulation des véhicules. La limitation de la vitesse est une méthode de réduire le bruit à la source, mais on sait que ces limites sont rarement respectées. La présence d'une zone tampon, si on y trouve de la végétation arbustive et arborescente, en plus d'être esthétique, constitue un moyen relativement efficace de réduire le bruit. Une telle méthode est cependant impossible en milieu urbain et périurbain où l'espace disponible est insuffisant. Dans ce cas, on a opté pour la construction d'écrans antibruit fabriqués avec divers matériaux : béton, acier, plastique et remblais de terre. Il faut cependant préciser que la réduction du bruit varie de 10 à 15 dba, ce qui laisse le niveau sonore moyen résiduel de 60 à 65 dba, qualifié de moyennement perturbé.

La pollution de l'air

Les principaux polluants organiques engendrés par les moteurs à combustion sont les oxydes d'azote (NO_x), le monoxyde de carbone (CO), le bioxyde de carbone (CO_2), et les composés organiques volatils (COV). Par ailleurs, le manganèse (MN) constitue aujourd'hui un important polluant inorganique dans les pays où la supplémentation du plomb

est interdite. Il faut également souligner la présence de poussières de toutes provenances apportées par les véhicules ou soulevées par leur passage à grande vitesse.

La démonstration de la pollution de l'air par les véhicules motorisés n'est plus à faire. Un rapport du gouvernement du Québec, qui trace le portrait de la pollution de l'air entre 1975 et 1994, montre que la catégorie transport constitue la principale source d'émission de contaminants atmosphériques. Cette catégorie représente 52% de toutes les émissions de l'ensemble des polluants, soit un peu plus de 1,65 millions de tonnes au Québec en 1994. Les polluants produits en plus grande quantité par les véhicules sont le CO, les NO_x et les COV.

Les oxydes d'azote (NO_x) comprennent plusieurs molécules, comme l'oxyde nitrique (NO) et le bioxyde d'azote (NO_2), qui sont émises lors de la combustion à haute température de combustibles fossiles. Le NO_2 est un gaz brunâtre à l'odeur âcre et irritante. Sa toxicité provient de sa capacité d'oxyder les constituants des membranes cellulaires. Ce gaz entraîne une baisse de la perception des odeurs, des modifications de la fonction pulmonaire et, dans les cas d'exposition importante, l'apparition d'un oedème pulmonaire. Parmi les effets les plus important de l'exposition chronique aux NO_x, on citera l'emphysème et la réduction du volume expiratoire forcé. Il faut aussi noter la particularité que possède le NO_2 de réagir avec les COV pour former le smog photochimique, un polluant secondaire.

Les composés organiques volatils (COV) sont essentiellement des hydrocarbures qui peuvent s'évaporer à la température ambiante. Il existe des milliers de COV dont certains sont relativement toxiques. Parmi les COV que l'on retrouve en concentration importante dans l'essence, il faut mentionner le benzène, une substance cancérigène pour l'humain.

Une réaction photochimique entre les NO_x et les COV induit la formation de polluants secondaires, collectivement appelés smog photochimique. Ce smog comprend l'ozone (O_3) au SOL (troposphérique), divers radicaux libres, des aldéhydes, le formaldéhyde ainsi qu'un groupe de substances appelées nitrates de peroxyacyle (PAN). Toutes ces substances ont la propriété d'être fortement irritantes pour l'appareil respiratoire, certaines étant par ailleurs mutagènes (PAN) ou cancérigènes (formaldéhyde).

La pollution de l'eau

Le passage des véhicules implique le dégagement de diverses substances qui sont déposées sur la chaussée : huiles, graisses, hydrocarbures et divers métaux proviennent de la carrosserie. De plus, l'usure d'un pneu libère environ 50 milligrammes d'hydrocarbures par kilomètre. Ces polluants déposés sur la voie de circulation ou sur l'accotement sont lessivés par la pluie ou lors de la fonte de la neige vers les cours d'eau avoisinants. Plusieurs métaux lourds sont aussi identifiés dans cette eau de lessivage, plus particulièrement le cadmium, le cuivre, le plomb le fer et le zinc; les deux derniers métaux

sont présents en plus grande concentration. La présence de puits d'approvisionnement en eau potable qui pourraient être contaminés par l'un ou l'autre de ces polluants pose des risques pour la santé publique.

Le produits de déneigement et de déglaçage

La présence de neige et de glace sur les voie de circulation nécessite l'épandage de fondants et d'abrasifs divers. Le fondant le plus utilisé est le chlorure de sodium (NaCl). Au dessous de - 15°C, on doit cependant utiliser le chlorure de calcium ($CaCl_2$) qui assure une fonte plus efficace à de très basses températures. Les abrasifs les plus utilisés sont le sable, le gravier ou la pierre concassée; on les utilise pour prévenir le dérapage sur des trottoirs ou des routes glacés.

L'eau de fonte engendrée par l'action des fondants se caractérise habituellement par un ph alcalin (pH de 8,5), une conductivité et une turbidité élevées ainsi que par la présence de chlorures, d'ions sodium et calcium. Dans l'eau de ruissellement, la concentration des chlorures peut varier de 3 500 à 10 000 mg/L; il s'agit d'une teneur très élevée si l'on considère que le maximum acceptable pour l'eau brute destinée à l'alimentation ne devrait pas dépasser 250 mg/L à des fins organoleptiques. Les chlorures provenant de l'eau de ruissellement ne représentent habituellement aucun risque direct pour la Santé humaine à moins que la nappe phréatique ne contamine des puits d'approvisionnement en eau potable.

Impacts résultants de l'amélioration du réseau routier

La construction ou le réaménagement de routes n'ont pas que des impacts négatifs. Des courbes redressées, une chaussée aplanie et renouvelée, des intersections mieux aménagées, une signalisation et un éclairage plus adéquats, la présence de garde-fous et de glissières sont autant de facteurs qui contribuent à réduire le nombre d'accidents routiers et, par voir de conséquence, réduire la mortalité et la morbidité.

Secteur: transport et communications Activité: routes et autoroutes

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- particules en suspension	- pollution	- locale et régionale	-	- 150 µg/m³ (24 h) Q-2 r. qual. atm.
	- bioxyde d'azote (no_2)	- pollution	- locale et régionale	- réduction catalytique	- 0,2 ppm (1 hre) et 0,1 ppm (24 h) Q-2 r. qual. atm.
	- composés organiques volatils (COV)	- pollution	- locale et régionale	- réduction catalytique	- aucune
	- smog photochimique	- pollution	- locale, régionale et continentale	- réduction des No_x et COV	- 0,08 ppm (1 hre) Q-2, règ. qual. atm.
	- bioxyde de carbone (co_2)	- réchauffement climatique	- planétaire	- réduction de la combustion	- aucune
Émissions liquides ou dans l'eau	- métaux lourds: surtout cu, fe, Pb et zn	- toxicité envers les organismes aquatiques	- cours d'eau récepteurs	- aucune	- 0,05 mg/l pour le pb (q-2, reg. Qual. eau potable)
	- huiles et graisses	- toxicité envers les organismes aquatiques	- cours d'eau récepteur	- aucune	- 250 mg/l pour eau brute d'approvisionnement, recommandation env. Canada
	- chlorures	- toxicité envers les organismes aquatiques	- cours d'eau récepteur	- réduire utilisation de sels de déglaçage	- aucune
Émissions solides ou dans les sols					
Nuisances	- bruit	- salubrité	- en bordure de la route - chantier de construction	- limiter la vitesse; écran anti-bruit	- L_{eq} 45 dba 8h la nuit et 55 dba le jour
Impacts indirects ou autre exposition	- risque de collision auto-animal	- décès des animaux frappés	- sur les voies de circulation	limiter le passage des animaux (clôtures) et panneaux indicateurs de lieux de passage	- sécurité routière
	-accidents lors de la construction	- N.A... - déstructuration	- site du chantier et périmètre - agriculture	- limiter vitesse, mesures préventives - protéger le	- directives aux entrepreneurs en construction - loi sur la protec-

	- quadrillage du territoire agricole	dévalorisation terres agricoles	en milieux périurbain	territoire agricole	tion du territoire agricole

Agresseur/ Exposition	Effet sur la Santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- irritations, problèmes respiratoires, infections	- surtout travailleurs	- rare à occasionnel	-particules en suspension dans l'air ambiant	- lajoie (1997) Hamilton et Harrison (1991) Bisson et collaborateurs (1997)
	- irritation des voies respiratoires, oedeme pulmonaire	- habitants des zones urbaines	- rare ou inconnue	- mesure no_2 de l'air ambiant	
	- benzène: cancérigène; toluène: malformations foetus	- habitants des zones urbaines, pompistes (postes d'essence)	- rare ou inconnue	- mesure COV (surtout benzène et toluène) dans air ambiant	
	- ozone: inflammation tissus pulmonaires	- habitants des zones urbaines et péri-urbaines	- rare à occasionnel dans villes canadiennes	- mesure ozone au sol (troposphérique)	
	- changements climatiques	- planétaire	- fréquent	- mesure co_2 atmosphérique	
Émissions liquides ou dans l'eau	- effets toxiques divers (pas de métaux cancérigènes dans ce cas)	- consommateurs d'eau polluée	- inconnue	- dosage métaux lourds dans l'eau potable	Mef (1991) Environnement Canada (1987) Goyer (1980) Hamilton et Harrison (1991) Delisle *et al* (1991)
	- si hap présents: effets cancérigènes et mutagènes possibles	- consommateurs d'eau polluée	-inconnue	- dosage hap dans l'eau potable	
	- aucun effet notable	- consommateurs d'eau polluée	- N.A...	- dosage chlorures dans l'eau potable	
Émissions solides ou dans les sols					

Nuisances	- qualité du sommeil stress - stress, problèmes auditifs	- voisinage - travailleurs	- fréquent à très fréquent - occasionnel à fréquent	- mesure dba à différentes distances du réseau routier	- rapports du BAPE ; Lévesque et gauvin (1996)
Impacts indirects ou autre exposition	-blessures, décès	- conducteurs et passagers de véhicules	- occasionnel	- sécurité publique, rapports morbidité/ mortalité	
	- blessures, décès	- travailleurs, résidents, automobilistes	- rare	- sécurité publique, rapports morbidité/ mortalité	
	- stress conflit social	- agriculteurs	- occasionnel à fréquent	- plaintes, études de perception	

Sources :

BAPE (1992) Prolongement de l'autoroute 55 de Saint-Célestin à l'autoroute 20. Rapport d'enquête et de médiation, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, 65p.

BAPE (1993) Autoroute 55 : doublement de la chaussée entre Bromptonville et l'intersection du chemin de la Rivière. Rapport d'enquête et de médiation, bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, 77p.

BAPE (1993) Liaison autoroutière Sainte-LuceCMont-Joli. Rapport d'enquête et de médiation, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, 179p.

BAPE (1995) Projet d'amélioration de la route 132 à Pointe-au-Père. Rapport d'enquête, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, 48p.

BAPE (1997) Liaison routière Lachute-Masson, autoroute 50. Rapport d'enquête et de médiation, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, 196p.

Bisson et collaborateurs (1997) Qualité de l'air au Québec de 1975 à 1994. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, 52p.

Canada (1991) L'état de l'environnement au Canada. Ministère de l'environnement, Gouvernement du Canada, 787p.

Delisle, C.E., M.F. Lapointe, A. Leduc (1990) L'échantillonnage des neiges usées en milieu urbain - résultats de l'hiver 1989-1990. Sciences et techniques de l'eau, novembre, pp. 391-395.

Environnement Canada (1987) Recommandations pour la qualité de l'eau au Canada. Ministère de l'environnement, Gouvernement du Canada, 564p.

Goyer (1980) Vue d'ensemble sur les substances toxiques: huiles et graisses. Bureau d'étude sur les substances toxiques, ministère de l'Environnement, Gouvernement du Québec, 74p.

Hamilton, R.S. et R.M. Harrison, éditeurs (1991) Highway pollution. Studies in Environmental Science N° 44, Elsevier Science Publishing Company, 510p.

Lajoie, P. (1997) Particules dans l'atmosphère : des normes plus sévères pour protéger la santé. BISE (Bulletin d'information en Santé environnementale), 8(3) : 1-4.

Lajoie, P. (1997) Pollution de l'air reliée au transport en milieu urbain : impacts sur la santé de la population. Dans, Levallois, P. et P. Lajoie, Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques, Presses de l'Université Laval, pp. 51-71.
Lévesque, B. et D. Gauvin (1996) Le bruit communautaire. BISE (Bulletin d'information en santé environnementale), 7(1) : 4-6.

MEF (1991) Guide pour l'aménagement des lieux d'élimination des neiges usées. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, 95p.

MEF (1992) État de l'environnement au Québec, 1992. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, Les éditions Guérin, 560p.

MTQ (1995) Politique de sécurité dans les transports, volet routier; une vision sécuritaire sur des kilomètres. Ministère des Transports, Gouvernement du Québec, 103p.

Lignes de transport d'électricité

Tel que mentionné dans la section traitant des impacts liés aux barrages hydroélectriques, le Québec est actuellement le troisième producteur mondial d'électricité avec 40 000 mégawatts (MW) de puissance installée, 75% de cette énergie électrique étant produite par la société d'état Hydro-Québec. L'électricité est acheminée aux utilisateurs dans un premier temps par le réseau de transport, puis par le réseau de distribution. Le premier sert à transporter l'électricité sur de grandes distances avec de haut voltages, de 44 à 735 kilovolts (kV); pour simplifier, on peut dire que les câbles de transport sont habituellement soutenus par des pylônes métalliques. Le réseau de transport d'Hydro-Québec, qui

s'étend sur quelque 37 000 kilomètres, fait l'objet de la présente section. Quant au réseau de distribution, qui s'étend sur plus de 96 000 kilomètres, il sert à acheminer l'électricité à chacun des points d'utilisation. Les câbles électriques du réseau de distribution sont à plus bas voltage, moins de 34,5 kV, et ils sont habituellement soutenus par des poteaux de bois.

Caractéristiques du réseau de transport

La nature de la production électrique québécoise, qui provient de mégacentrales hydroélectriques souvent éloignées des centres de consommation, a grandement influencé le type de réseau de transport d'électricité. Ainsi, le transport de l'électricité provenant du complexe la Grande ainsi que de Churchill Falls (au Labrador) et du complexe Manicouagan-Outardes-Bersimis, a nécessité la mise en place de lignes de transport à 735 000 volts (735 kV) sur des milliers de kilomètres. Les fils sont soutenus par des pylônes à treillis haubané dont la hauteur peut atteindre 60 mètres. À proximité des grands centres urbains, la tension est réduite à 315 kV dans des postes de transformation; les lignes à 315 kV sont dirigées vers d'autres postes qui réduisent la tension vers le réseau de distribution.

Le réseau de transport est donc surtout constitué de lignes de 120, 230, 315 et 735 kV qui sont toutes à courant alternatif. Les câbles de ces lignes sont soutenues par des pylônes métalliques à treillis dont la hauteur varie en fonction de la tension; en milieu urbain on opte depuis plusieurs années pour des pylônes tubulaires qui sont plus esthétiques. Il faut noter ici l'exception constituée par la ligne Radisson-Nicolet-Des Cantons (près de Sherbrooke) qui est à 450 kV en courant continu. Cette ligne de 1 120 kilomètres de long, qui traverse le fleuve à la hauteur de grondines (région de Portneuf), a été essentiellement conçue pour l'exportation d'électricité vers les États-Unis.

La largeur et la hauteur des pylônes sont déterminées par des normes qui imposent un dégagement horizontal (distance entre les câbles), un dégagement vertical (distance minimale entre le sol et un câble à son point le plus bas entre deux pylônes) ainsi qu'un dégagement entre phases (distance entre les câbles qui sont d'un côté et de l'autre du pylône). Ces distances s'accroissent à mesure que la tension augmente; ainsi, le dégagement vertical varie de 13 à 18,6 mètres pour une ligne à 735 kV (selon l'obstacle considéré; route, voie ferrée, chemin privé, etc.) et de 6 à 9,4 m pour une ligne à 315 kV.

Impacts liés à la construction d'une ligne à haute tension

Les impacts propres à la période de construction, et qui disparaitront donc après la mise en service, découlent habituellement de la présence et de la circulation de diverses machines. Les principales nuisances sont le bruit, la poussière, la présence de gaz d'échappement dans l'air, les interférences sur les appareils électriques et la sécurité de la population avoisinante. Ces impacts sont généralement similaires à ceux découlant de la présence d'un chantier de construction (immeubles, routes, etc.). Des mesures de

mitigation doivent être mises en place, comme l'utilisation d'abat-poussières, l'interdiction de faire fonctionner la machinerie durant la nuit, etc. Lorsque l'installation de la ligne électrique implique la traversée d'un cours d'eau, le passage de machinerie lourde, la construction de digues temporaires ou le rejet de débris végétaux dans l'eau sont susceptibles de perturber de manière significative la vie aquatique. Dans le cas des poissons migrateurs ou d'espèces à valeur sportive, il faut éviter toute perturbation majeure du milieu aquatique. Pour les grands cours d'eau, la construction de digues temporaires peut également causer des inondations en provoquant l'accumulation de glaces durant la débâcle printanière.

Impacts permanents découlant de la présence d'une ligne à haute tension

Les impacts permanents sont nombreux; ils sont succinctement présentés dans les paragraphes qui suivent. À noter que la question des champs électromagnétiques sera décrite dans la sous-section suivante.

L'intégration de la ligne électrique au paysage naturel et patrimonial

L'impact visuel retient de plus en plus l'attention des populations vivant à proximité d'une ligne à haute tension. La présence de câbles électriques dans des paysages remarquables ou près de bâtiments ayant une valeur historique est jugée inopportune. La traversée de cours d'eau provoque également des problèmes majeurs d'esthétisme. Dans ce contexte, la pression des citoyens a imposé une traversée sous-fluviale du Saint-Laurent dans le compté de Portneuf (ligne à 450 kV). En 1996, le BAPE recommandait également une traversée souterraine, sous la rivière des prairies, pour la ligne duvernay-anjou à 315 kV.

Le bruit parasite généré par la ligne électrique

Un câble à haute tension engendre des décharges produisant un phénomène appelé « effet couronne », qui donne lieu à un « grésillement » pouvant parfois s'entendre même par temps sec. Hydro-Québec estime que le bruit maximum en bordure d'une emprise, en condition de pluie fine, serait de 42 décibels (dBA) et qu'il ne dépasserait pas 36 dBA aux abords des résidences les plus proches. Par temps sec, l'intensité du même bruit ne dépasserait pas 15 à 25 dba, ce qui fait qu'il serait presque inaudible. En fonction des normes ou des recommandations existantes en milieu résidentiel, qui sont de 40 à 50 dBA le nuit et de 45 à 55 dBA le jour, un tel bruit n'est pas jugé comme étant une véritable nuisance.

Risques de collision avec les objets en mouvement

Dans certains cas, on a souligné le risque que de petits avions entrent en collision avec des lignes à haute tension. Au Canada, de 1975 à 1995, on a enregistré quelques 400 collisions d'aéronefs avec des câbles; plus de 100 personnes sont mortes à la suite de ces

accidents. Au rythme de 20 accidents par an, une telle préoccupation n'est donc pas négligeable et elle doit être soulevée à chaque fois qu'une ligne de haute tension passe à proximité d'un petit aéroport.

Lorsque des pylônes doivent être implantés dans des cours d'eau navigables, on doit se préoccuper de la possibilité d'une collision avec un navire. La question se pose dans le cas du passage de gros navires qui peuvent nécessiter plusieurs centaines de mètres pour s'arrêter complètement. Ce problème fut soulevé devant le BAPE lors de l'examen de la traversée du fleuve par la ligne à 450 kV à Grondines.

Dépréciation économique

La mise en service d'une nouvelle ligne à haute tension dans un secteur fortement urbanisé est susceptible de nuire au développement résidentiel comme l'a démontré l'étude sur la ligne Duvernay-Anjou (entre Laval et Montréal). Des promoteurs de condominiums ou de résidences pour personnes âgées ainsi que des propriétaires de maisons unifamiliales ont exprimé leurs inquiétudes à ce sujet.

Le potentiel récréotouristique est également affecté. La présence de certaines infrastructures, comme des parcs naturels, des terrains de camping ou encore l'observation d'un panorama naturel à partir d'un belvédère, sont incompatibles avec la présence de pylônes et de câbles électriques.

Les champs électromagnétiques (CEM)

L'exposition aux champs électromagnétiques constitue probablement la plus importante crainte exprimée par les personnes habitant l'environnement immédiat d'une ligne à haute tension. Le sujet est relativement bien documenté. La compréhension des effets des champs électromagnétiques nécessite toutefois une présentation préalable de leur nature ainsi que de leur mode d'action sur les organismes vivants.

Nature des champs électromagnétiques

Deux types de champs composent les CEM, soit le champ électrique et le champ magnétique. Le champ électrique (CE) se crée dès qu'il existe une différence de tension dans un fil. Il faut savoir que le CE existe dès qu'un câble est sous tension, même si aucun appareil électrique ne fonctionne (par exemple, une lampe branchée mais non allumée). Le champ électrique se mesure en volt par mètre (V/m), ou en kilovolt par mètre (kV/m). Le CE moyen dans une résidence est de 12 V/m alors que celui généré par une ligne de 735 kV peut atteindre 10 000 v/m directement sous la ligne. Le champ magnétique (CM) est généré par le passage du courant électrique et son intensité s'exprime en micro-Tesla (FT); contrairement au champ électrique, le CM n'est généré que s'il y a utilisation du courant (la lampe doit être allumée). Le champ magnétique domestique ambiant varie

habituellement de 0,1 à 0,2 FT alors que le maximum produit par une ligne à haute tension varie de 10 à 30 ft. Contrairement au CE, le CM passe sans subir de perturbation à travers la plupart des différentes structures comme les bâtiments et le corps humain.

Dans l'environnement, les deux champs (électrique et magnétique) coexistent, d'où le terme champs électromagnétiques (CEM). L'une des caractéristique utilisée pour déterminer la nature d'un CEM est sa fréquence, exprimée en Hertz (Hz). Les champs électromagnétiques émis par les réseaux électriques sont à très basse fréquence, de l'ordre de 1 à 300 Hz; la fréquence du CEM généré par les fils électriques domestiques au Québec est de 60 Hz.

Les sources et les niveaux d'exposition aux CEM

Les niveaux d'exposition au champ électrique ainsi qu'au champ magnétique naturels sont très faibles, de l'ordre de 0,001 V/m pour le CE et de 10^{-12} FT pour le CM. L'exposition moyenne domestique à un CE de 12 V/m et un CM de 0,1 à 1FT est due à présence des lignes et équipements électriques de notre société industrielle. Divers appareils utilisés quotidiennement génèrent une quantité appréciable de CEM. Des appareils comme un grille-pain, un fer à repasser, un réfrigérateur et un téléviseur couleur génèrent un ce de 30 à 60 V/m et un CM qui peut aller de 0,3 à 4 FT. Mentionnons qu'un séchoir à cheveux engendre un ce de 60 V/m et un cm variant entre 7 et 70 FT pour une distance d'utilisation variant entre 30 cm et 15 cm. Une couverture électrique chauffante génère un CM de 10 FT à une distance de 1 cm, mais un CE de l'ordre de 10 kV/m.

Les CE générés par les divers appareils électroménagers ainsi que le CE moyen dans une résidence sont beaucoup plus faibles que ceux engendrés pas une ligne à haute tension. Au niveau du sol, sous les fils, le CE d'une telle ligne est au maximum de 10 kV/m alors qu'il est de 2 kV en bordure de l'emprise. Quant au CM, il est au maximum de 30 FT sous les câbles et de 14 FT à la limite de l'emprise pour une ligne à 735 kV. À 100 mètres du fil (distance horizontale), le CM ne serait que de 0,1 FT, ce qui correspond au CM moyen subi dans une résidence.

Notion de champs et courants induits

Étant donné qu'ils sont de bons conducteurs, les organismes vivants reçoivent ce que l'on appelle des courants induits, mesurés en milliampères (mA), issus des CEM. Les courants induits par le CE et le CM sont habituellement perpendiculaires. Ainsi, en position debout sous une ligne électrique, le CE induit un courant qui traverse le corps de la tête au pieds alors que le CM induit un courant qui voyage plutôt de façon circulaire à travers les fluides, les tissus et les organes les plus conducteurs de l'organisme

Dans le cas d'un CE de 10 kV/m, correspondant à l'intensité maximale mesurée au sol sous les câbles d'une ligne à 735 kV, le courant induit maximal dans l'organisme est d'environ 0,16 mA, ce qui est bien inférieur au seuil de perception situé entre 0,66 et 1,0

mA. À titre de référence, mentionnons que le seuil de perception est de 0,5 à 1,0 mA, qu'un arrêt respiratoire par tétanie des muscles peut se produire entre 18 et 30 mA alors qu'un arrêt cardiaque par fibrillation ventriculaire est provoqué par un courant variant entre 30 et 120 mA.

Effets biologiques des cem en conditions expérimentales

De nombreuses études, effectuées entre 1975 et 1995, ont mis en évidence toute une série d'effets biologiques sur divers animaux. Ainsi, en ce qui concerne le système neuro-endocrinien, on a noté une perturbation du rythme circadien et une diminution marquée de la sécrétion de la mélatonine chez le rat et la souris (CE variant entre 2 et 130 kV/m). Des CE de 3 à 30 kV/m perturbent le système nerveux en affectant notamment la dopamine et la sérotonine. Une faible diminution du rythme cardiaque, chez l'humain, a été notée avec un CE de 9 kV/m et un CM de 20 FT. On a aussi noté un excès significatif de malformations chez l'embryon de poulet ou d'oiseau en présence de cm variant de 100 à 1 200 FT.

Effets cancérigènes possibles des CEM chez l'humain

L'effet cancérigène des CEM est un aspect fort controversé. Les études réalisées sont souvent contradictoires et leurs résultats t plus ou moins significatifs. Ce que l'on peut dire, c'est qu'il n'existe aucune preuve directe concernant la promotion de cancers chez les humains adultes. Mêmes les études les plus récentes, effectuées de manière très rigoureuse, ont révélé des résultats inconstants; elles ne confirment ni ne rejettent l'hypothèse d'une association entre les CEM et le cancer. Il n'y a donc pas de tendance claire, mais plusieurs résultats montrent des risques relatifs positifs (>1) qui sont cependant non significatifs (inférieurs à 2). Chez les enfants par contre, les études épidémiologiques confirment certaines associations entre les niveaux de champ magnétiques générés pas les lignes électriques et les cancers. Dans le cas des enfants, les résultats des différentes études montrent, de façon générale, que les enfants atteints de leucémie ont résidé plus fréquemment à proximité d'infrastructures électriques que des enfants en bonne Santé. Bien que l'on ne puisse affirmer qu'il y a un lien de cause à effet, on doit cependant considérer ce lien comme possible.

Critères ou normes d'exposition aux CEM

Il n'existe pas de réglementation spécifique à l'exposition aux CEM en général. L'Association internationale de radiporotection (IRPA, International Radiation Protection Association) recommande une limite d'exposition (24 heures), pour le grand public, de 5 kV/m pour le CE et de 100 FT pour le CM. En ce qui concerne le milieu de travail, ces recommandations sont respectivement de 10 kV/m et de 500 FT. Au Canada, il n'existe pas actuellement de recommandations ou de directives concernant l'exposition aux CEM. En ce qui concerne l'exposition au champ électrique à l'intérieur d'une emprise de ligne à haute tension, les quelques états américains qui ont réglementé cette exposition l'ont fixée à des valeurs entre 8 et 10 kV/m.

Concept de l'évitement prudent

On doit constater que les recherches scientifiques relatives aux effets des CEM sur la santé publique n'ont pas pu clairement indiquer la présence d'un risque significatif, tout comme elles n'ont pu conclure à l'absence totale de risque. Dans ce contexte, on préconise l'approche de l'évitement prudent (« prudent advoidance »), un concept développé à Carnegie Mellon University (Pittsburg) selon lequel il est actuellement indiqué de prendre certaines mesures simples pour réduire l'exposition de la population aux CEM. L'application de ce concept, à cause des précédents qu'elle représente, suscite beaucoup de débats chez les entreprises, les organismes publics et les scientifiques. En 1996, Hydro-Québec considérait que le concept d'évitement prudent représente un concept qui va à l'encontre de l'éthique relative à la santé publique, puisque l'on a pas encore établi le caractère cancérigène des CEM.

L'entretien des emprises de lignes à haute tension

Sur les 120 000 hectares d'emprises que possède Hydro-Québec, environ 20 000 doivent faire l'objet d'un entretien annuel visant à éliminer la végétation arbustive et arborescente sous les lignes de transport afin de permettre l'entretien des câbles et des pylônes. L'absence de végétation arborescente permet également de limiter les dommages qui pourraient être causés par les incendies de forêts; par exemple, les flammes résultant d'un incendie de cime peuvent atteindre une température de 800° C. La végétation sous les câbles doit donc être basse et l'emprise assez large pour que la colonne de convection d'un incendie de forêt n'altère par les conducteurs.

Deux mode d'élimination de la végétation sont possibles : le dégagement mécanique et le dégagement à l'aide de phytocides (herbicides).

Le dégagement mécanique

L'emploi de tronçonneuses et de débroussailleuses comporte un certain nombre de risques pour la Santé des travailleurs. Ainsi, dans l'ensemble du Canada, les travailleurs dans le domaine de l'exploitation forestière subissent le plus grand nombre d'accidents de travail par rapport à tous les autres métiers au Canada. Au Québec, entre 1987 et 1989, on a comptabilisé 1 579 accidents de travail chez les travailleurs de la forêt utilisant des tronçonneuses, pour un total de 87 108 jours de travail perdus. Par ailleurs, l'emploi d'outils vibrants pendant une longue période entraîne ce que l'on appelle le « syndrome de vibrations » mains-bras (maladie des « doigts blancs »). La prévalence moyenne de ce syndrome est de 30,5% chez les utilisateurs de tronçonneuses, mais elle augmente avec le nombre d'années passées à faire ce travail; 53% des travailleurs sont atteints après 20 ans. Mentionnons ici que le tabagisme est un facteur aggravant. Le traumatisme sonore constitue une autre atteinte à la santé des travailleurs utilisant les tronçonneuses, le niveau sonore d'une scie mécanique se situant entre 105 et 115 dBa à pleine puissance. À un tel régime sonore, 55% des travailleurs sont exposés à un risque de surdité professionnelle après 10 ans.

Les études de risques portent également sur l'exposition aux polluants gazeux dégagés par les outils motorisés, les principaux étant le benzène, le monoxyde de carbone, le formaldéhyde et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Un grand nombre d'études effectuées depuis les années 1980 concordent : l'exposition au benzène augmente les risques de leucémie. Dans les études épidémiologiques, l'exposition à des concentrations élevées de benzéne sur les lieux de travail est systématiquement associée à des risques accrus de leucémie. Les travailleurs utilisant une scie à chaîne respirent un air contenant entre 0,1 et 2,4 mg/m^3 de ce gaz. Aux États-Unis, l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) a établi la norme d'exposition à 3 mg/m^3 dans l'atmosphère de travail alors que le national institute of occupational health and safety (niosh) a recommandé un abaissement à 0,3 mg/m^3. Au Québec, la norme d'exposition en milieu de travail, celle utilisée par Hydro-Québec pour faire ses évaluations de risque, est de 30 mg/m^3.

Concernant le monoxyde de carbone (CO), l'exposition moyenne des travailleurs est de 34 mg/m^3, valeur qui représente 60% de la limite d'exposition (57 mg/m^3). L'American Conference of Governemental Industrial Hygienists (ACGIH) propose cependant une valeur maximale d'exposition de 29 mg/m^3. Le pourcentage moyen de carboxyhémoglobine est de 5% chez les travailleurs utilisant des tronçonneuses. L'air ambiant des utilisateurs de tronçonneuses contient également 0,08 mg/m^3 de formaldéhyde, concentration toutefois inférieure à celle provoquant des symptômes d'irritation des muqueuses des voies respiratoires et des yeux (2 à 3 mg/m^3). Le formaldéhyde a été classé comme une substance potentiellement cancérigène chez l'humain.

Finalement, en ce qui concerne les HAP, les travailleurs en respirent en moyenne 0,02 mg/m^3, ce qui est 10 fois inférieur à la norme fixée par le règlement québécois relatif à la qualité du milieu de travail (0,2 mg/m^3); en Suède, la limite permise est toutefois de 0,04 mg/m^3. Plusieurs HAP sont reconnus comme étant des substances cancérogènes suspectées ou confirmés chez l'humain, le principal cancer en cause étant celui du poumon.

L'emploi de phytocides

Les phytocides[7] qui peuvent être employés pour détruire la végétation (herbacée, arbustive et arborescente) se comptent par dizaines, mais Hydro-Québec choisi habituellement trois substances : le 2,4-D, le piclorame et le dicamba. Ces trois substances sont des homologues des hormones végétales, les auxines; elles agissent en perturbant le métabolisme végétal et en entraînant une croissance désordonnée, provoquant des malformations puis la mort. Dans l'ensemble, les herbicides sont beaucoup moins toxiques que les insecticides pour les animaux.

---

[7] Par convention on utilise le terme phytocide en foresterie alors que le vocable herbicide est utilisé en agriculture et en aménagement paysager; dans les deux cas on peut utiliser le même produit de base.

Le 2,4-D est un herbicide controversé, compte tenu de son caractère cancérigène soupçonné qui, toutefois, n'a jamais été clairement démontré. De la même manière, on croit qu'il a un potentiel tératogène. Par ailleurs, on trouve à l'occasion des traces de dioxines (sauf la TCDD) dans les formulations commerciales de 2,4-d. Le NOEL du 2,4-D varie de 1 à 15 mg/kg/j chez diverses espèces animales; les scénarios d'exposition préparés par Hydro-Québec font état d'une dose exposition totale de l'ordre de 0,03 mg/kg/j. Mentionnons pas ailleurs que la DJA chez l'humain est estimé à 0,003 mg/kg/j. Le 2,4-D est absorbé par la matière organique du sol; le lessivage vers le milieu aqueux sera donc plus grand dans un sol pauvre en matière organique. Dans l'eau, la demi-vie du 2,4-D varie de 7 à 14 jours.

Le piclorame est un herbicide très puissant dont l'utilisation est maintenant restreinte aux usages forestiers comme le dégagement des emprises hydro-électriques. Aucune caractéristique cancérigène, tératogène ou mutagène n'a cependant été détectée. Cet herbicide est rapidement absorbé par le tractus gastro-intestinal avec une demi-vie de 20 minutes. Près de 90% du piclorame absorbé est excrété en 48 heures par le système urinaire. Le NOEL a été fixé à 7 mg/kg/j alors que Hydro-Québec estime la dose d'exposition à 0,008 mg/kg/j. La DJA a été fixée à 0,07 mg/kg/j. En 1997, en se fondant sur une étude de deux ans sur des rats, la united states environmental protection agency a fixé le NOEL à 20 mg/kg/j et la dja à 0,2 mg/kg/j pour le piclorame. Soulignons que les formulations commerciales de piclorame peuvent être contaminées par de l'hexachlorobenzène, une substance probablement cancérogène. À l'instar du 2,4-D, le piclorame est retenu dans un sol contenant de la matière organique; dans l'eau, sa demi-vie est d'environ 10 jours.

Le dicamba est un herbicide du groupe des acides benzoïques dont on soupçonne qu'il est tératogène. Plus de 95% du dicamba absorbé par un animal est excrété en 48 heures. Le NOEL, quant aux effets possibles sur la reproduction, a été fixé à 3 mg/kg/j alors que l'exposition totale des travailleurs forestiers serait de l'ordre de 0,019 mg/kg/j; la DJA a été fixée à 0,030 mg/kg/j. Aux États-Unis, l'EPA a fixé la DJA à 0,45 mg/kg/j pour le dicamba, en fonction d'un NOEL de 45 mg/kg/j, après avoir trouvé des preuves de tératogénicité chez les rats et les lapins. Le dicamba est un herbicide relativement mobile dans le sol et il est plus facilement lessivé vers le milieu aqueux où sa demi-vie est d'environ 7 jours.

Secteur: transport et communications Activité: lignes de transport d'électricité

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de Contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- gaz de combustion (coupe mécanique de la végétation)	- pollution de l'air destruction de la végétation	- site et périmètre - site et périmètre	- utiliser des carburants avec moins de hx et limiter le temps d'exposition - limiter dérive par le vent lors de l'arrosage	- 30 mg/m³ (normes de travail qc)² - 57 mg/m³ (normes de travail qc) - 3 mg/m³ (normes travail qc) - 0,2 mg/m³ (normes travail qc) - aucune
	--benzène				
	--monoxyde de carbone (co)				
	--formaldéhyde				
	--HAP				
	- herbicides (2,4-d, piclorame, dicamba)				
Émissions liquides ou dans l'eau	- 2,4-d	Pour tous les herbicides: pollution de l'eau et destruction possible de la végétation aquatique	Pour tous les herbicides: site et périmètre	Pour tous les herbicides: utiliser quantités minimales efficaces	- 0,1 mg/l (règ. eau potable mef) 3 µg/kg/j (dja)
	- piclorame				- 1 µg/l (règ. eau potable mef) 70 µg/kg/j (dja)
	- dicamba				- 30 µg/kg/j (dja)
Émissions solides ou dans les sols	- herbicides (voir ci-haut)	- idem à ci-haut	- idem à ci-haut	idem à ci-haut	idem à ci-haut
Nuisances	- présence de câbles aériens	- dépréciation de l'environnement visuel, valeur économique	- voisinage et communauté	- enfouissement des câbles si possible	- aucune
	- présence de pylônes	- perturbation activités agrico-les	- terres agricoles traversées	- limiter passage dans la zone agricole	- loi sur la protection du territoire agricole
Impacts indirects ou autre exposition	- emprises électriques et chemins d'accès	- ↑ perturbation de la faune et de la flore	- site et périmètre	- aucune	- aucune
	- présence de câbles aériens	- risque de collision avec aéronefs	- site et périmètre	- zone-tampon	- aucune

	- champs électromagnétiques (CEM)	- perturbation des communications radios	- site et périmètre	- zone-tampon	- appliquer le concept de l'évitement prudent en limitant l'exposition.

Agresseur/ Exposition	Effet sur la Santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinitre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- pouvoir cancérigène prouvé - ↑ du % de carboxyhémoglobine - possiblement cancérigène - certains sont cancérigènes - voir ci-bas	Pour tous les polluants gazeux, la population à risque est constituée des travailleurs. - voir ci-bas	- fréquent pour les manifestations irritantes (yeux, nez, gorge) ainsi que les céphalés - faible ou inconnue pour le développement de cancers - voir ci-bas	- concentration dans l'air ambiant de travail - carboxyglobinémie - concentration dans l'air ambiant de travail - concentration dans l'air ambiant de travail - voir ci-bas	BAPE (1994) Hydro-Québec (1992)
Émissions liquides ou dans l'eau	- possiblement cancérigène et tératogène - toxique à forte doses - tératogène possible	Pour tous les pesticides: personnes fréquentant les emprises traitées ou habitant à proximité	Pour tous les pesticides: rare ou inconnue	Pour tous les pesticides: concentration résiduelle dans l'environnement immédiate des emprises	BAPE (1994) Hydro-Québec (1992) Kelfer (1997) Extoxnet
Émissions solides ou dans les sols	voir ci-haut	voir-ci-haut	voir ci-haut	voir ci-haut	voir ci-haut
Nuisances	- qualité de vie - qualité de vie	- voisinage et communauté - propriétaires agricoles	- fréquent - fréquent	- plaintes, études de perception - plaintes, études de perception	BAPE (1987, 1993, 1996)
Impacts indirects ou autre exposition	- N.A... - blessures, traumatismes, décès - inquiétude, stress	- communautés locales, autochtones - passagers d'aéronefs - voisinage et communauté	- inconnue - rare - occasionnel à fréquent	- plaintes, études de la faune et flore sur le terrain - rapports d'accidents - plaintes, études de perception	BAPE (1987, 1993 1996) Levallois et gauvin (1994) Levallois *et al* (1991)

	- caractère cancérigène suspecté	- voisinage, surtout enfants	- inconnue	- études épidémiologiques chez populations avoisinantes	Levallois et Iajoie (1997)

Sources :

BAPE (1987) Projet de ligne à courant continu à 450 kV, radisson-nicolet-des cantons. Rapport d'enquête et d'audience publique N° 22, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, pagination multiple.

BAPE (1993) Ligne à 735 kV des cantons-lévis et poste appalaches. Rapport d'enquête et d'audience publique N° 68, bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 401p.

BAPE (1994) L'entretien des emprises d'Hydro-Québec sur la Côte-Nord. Rapport d'enquête et d'audience N° 74, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 107p.

BAPE (1996) Projet de ligne Duvernay-Anjou à 315 kV. Rapport d'enquête et d'audience publique N° 107, Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, 192p.

El-Amrani, M., F. Gauthier et J. Turbide (1992) Évaluation socio-économique de différents modes de maîtrise de la végétation de certaines emprises de la région manicouagan. Société d'état Hydro-Québec (Montréal), 49p + annexes.

Extoxnet: http://ace.ace.orst.edu/info/extoxnet/pips/ghindex.html

Hydro-Québec (1992) Pulvérisation aérienne de phytocides; programme d'entretien des emprises 1993-1997. Société d'état Hydro-Québec (Montréal), 466p.

Keifer ,M.C, Éditeur (1997) Human Health Effects of Pesticides. Occupational medicine: state of the art reviews, 12(2) 203-411p.

Levallois, P. et D. Gauvin (1994) Les champs électromagnétiques et la santé. Évaluation environnementale du projet Grande Baleine, dossier-synthèseno. 9. Bureau de soutien de l'examen public du projet Grande Baleine, (Montréal) 157p.

Levallois, P., D. Gauvin, P. Lajoie et J. Saint-Laurent (1996) Bilan des normes et recommandatiions d'exposition aux champs électromagnétiques (0 à 300 GHz) et au rayonnement ultraviolet. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, pagination multiple.

Levallois, P.,P. Lajoie et D. Gauvin (1991) Les effets des champs électromagnétiques de 50/60 HZ sur la santé; bilan et perspectives de santé publique pour le Québec. Département de Santé communautaire, Centre Hospitalier de l'Université Laval, Québec, 231p.

LeVallois, P. et P. Lajoie (1997) Pollution atmosphérique et champs électromagnétiques. Les Presses de l'Université Laval, Vol. 62, No. 92, 266p.

US Federal Register (1997) Notice of filing pesticide petition [picloram]. Vol. 62, No 92, page 26305-26313.

US Federal Register (1997) Notice of filing pesticide petition [dicamba]. Vol. 62, No. 228 page 63164-63168.

US Federal Register (1993) Pesticide tolerance for dicamba. 58(225), page 62039-62041.

Construction/agrandissement et opération d'un aéroport

Nature du projet

Les informations de la présente analyse sont principalement tirées de l'étude d'impact relative au projet d'agrandissement de l'aéroport international Lester B. Pearson (Toronto) préparée en 1991. Le projet prévoyait la construction de 3 nouvelles pistes de décollage/atterrissage, compte tenu de l'achalandage accru à cet aéroport. dans le but de généraliser l'emploi de la grille d'impact à un ensemble de situations similaires au Canada, les informations spécifiques à l'aéroport Pearson ne seront pas présentées.

La construction, l'agrandissement ou l'opération d'un aéroport ont des incidences sur toutes les composantes de l'environnement, soit l'air, l'eau et le sol. en plus des impacts sur le milieu naturel, certaines perturbations peuvent avoir des conséquences pour la santé et le milieu humain. On doit aussi considérer les impacts découlant du bruit ainsi que le risque de catastrophe consécutif à l'écrasement d'un aéronef, plus spécifiquement de la possibilité d'un écrasement dans une zone urbaine.

Lois applicables

Tous les projets concernant les aéroports de juridiction fédérale sont soumis à plusieurs lois canadiennes, dont la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* qui possède diverses dispositions permettant de protéger l'air, l'eau ou le sol. cette loi prévoit notamment l'application (par voie réglementaire) d'objectifs de qualité de l'air, une réglementation qui concerne plusieurs substances toxiques (partie II) alors que la partie IV s'applique spécifiquement aux agences fédérales ainsi qu'aux sociétés de la Couronne. La *Loi sur les pêches* vise à protéger les poissons et leurs habitats contre la destruction physique ou la présence de substance toxiques. La *Loi sur le transport des matières dangereuses* s'applique notamment au transport de telles matières par voie aérienne, conformément à une entente internationale supervisée par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Finalement, dans le contexte fédéral, les projets aéroportuaires sont

assujettis aux études environnementales prévues par la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*.

Diverses lois provinciales ou territoriales, de même que des règlements municipaux peuvent également encadrer la construction ou l'opération des aéroports. Chaque province possède habituellement une loi générale pour la protection de l'environnement qui réglemente la qualité de l'air et de l'eau ainsi que la production de déchets solides, toxiques ou non. L'utilisation de pesticides, notamment sur les sections gazonnées des aéroports, doit habituellement se faire en conformité avec une loi provinciale. Les municipalités peuvent réglementer la qualité de l'air, le déversement de substances dans les égouts ainsi que le traitement des déchets domestiques.

Sinistres et catastrophes

En plus du risque d'incendie ou d'explosion dans l'un des bâtiments de l'aérogare, une zone aéroportuaire représente un risque particulier découlant de l'écrasement possible d'un avion. Outre les passagers et le personnel de bord, les personnes habitant les secteurs résidentiels situés près de l'aéroport peuvent subir les conséquences d'un écrasement. La destruction physique causée par l'avion qui s'écrase et l'émergence de plusieurs foyers d'incendies sont les principales sources de risque. Si l'écrasement se produit au décollage, la catastrophe sera plus importante puisque les réservoirs d'essence sont pleins. En plus de l'essence, les avions contiennent de l'équipement inflammable fabriqué de matériaux synthétiques qui peuvent générer des gaz toxiques et polluer le sol ou le milieu aquatique.

Les aéroports doivent élaborer des plans d'urgences en collaboration avec les services appropriés (policiers, pompiers, services de santé) des municipalités adjacentes afin de coordonner l'action des intervenants. Que la catastrophe se produise sur le territoire aéroportuaire ou à l'extérieur de cette zone, la concertation des services est essentielle afin, notamment, de prévoir l'évacuation rapide des blessés. La collaboration entre les gestionnaire de l'aéroport et les services municipaux est d'autant plus importante que la réduction des fonds gouvernementaux a laissé plusieurs aéroports sans service d'urgence indépendant.

Pollution de l'air

La machinerie utilisée lors de la construction/agrandissement ainsi que les opérations régulières (mouvements d'avions, autobus et véhicules circulant sur le terrain) sont responsables de l'émission des polluants atmosphériques usuels liés au fonctionnement des moteurs à combustibles fossiles. Les principaux polluants sont: le monoxyde de carbone (CO), le bioxyde de carbone (CO_2), les matières particulaires, les oxydes d'azote (NO_x) ainsi que les composés organiques volatils (COV).

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz sans odeur qui peut conduire à l'augmentation de carboxyhémoglobine pouvant entraîner la mort. quant au bioxyde de carbone (CO_2), il est un des principaux gaz à effet de serre. Les matières particulaires ont un diamètre qui varie de 0,005 à 100 micromètres (µm) et elles restent en suspension dans l'air; seules les particules inférieures à 10 µm pénètrent jusqu'aux poumons. En plus de causer des problèmes respiratoires, ces particules réduisent la visibilité et souillent l'environnement naturel et humain.

Les oxydes d'azote (NO_x) comprennent notamment l'oxyde nitrique (NO) qui se transforme rapidement en bioxyde d'azote (NO_2); ce dernier est un gaz brunâtre à l'odeur âcre et irritante dont la toxicité provient de sa capacité à oxyder les membranes cellulaires. Ce gaz entraîne une baisse de la perception des odeurs, des modifications de la fonction pulmonaire et, dans les cas d'exposition importante, l'apparition d'un oedème pulmonaire. Un des effets les plus important de l'exposition chronique aux no_x est l'emphysème et la réduction du volume expiratoire forcé. Il faut aussi noter la particularité que possède le NO_2 de réagir avec les COV pour former le smog photochimique (voir plus loin).

Les composés organiques volatils (COV) sont essentiellement des hydrocarbures susceptibles de s'évaporer à la température ambiante et exister dans l'atmosphère sous forme gazeuse; on en compte des milliers dont certains sont relativement toxiques. Les principaux COV qui sont produit par les moteurs à combustion sont: les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) qui se forment dans presque tous les types de combustion incomplètes et qui comprennent plusieurs composés cancérigènes dont le benzo[a]pyrène (bap); les hydrocarbures oxygénés qui comprennent des aldéhydes (ex.: formaldéhyde), des cétones (comme l'acétone), des alcools (ex.: le méthanol) et des acides organiques (comme l'acide formique) sont des substances irritantes pour les voies respiratoires et les muqueuses. Il convient de mentionner que certains COV, comme le benzène, le chloroforme et la formaldéhyde, sont soupçonnées d'être cancérigènes.

Une réaction photochimique entre les NO_x et les COV induit la formation de polluants secondaires, collectivement appelés smog photochimique. Ce smog comprend l'ozone (o_3) au sol (troposphérique), divers radicaux libres, des hydrocarbures oxygénés comme les aldéhydes, ainsi qu'un groupe de substances appelées nitrates de peroxyacyle (PAN). Elles ont toutes la propriété d'être fortement irritantes pour l'appareil respiratoire, certaines étant par ailleurs mutagènes (PAN) ou cancérigènes (formaldéhyde). La formation de smog est particulièrement préoccupante, compte tenu des problèmes de Santé qu'il engendre, mais aussi parce que c'est un des rares polluants atmosphériques urbains dont la concentration s'accroît constamment au Canada.

Dans l'étude d'impact sur l'agrandissement de l'aéroport Pearson on note que la plupart de ces polluants, présents sur le territoire aéroportuaire, proviennent de l'extérieur de cette zone. Il faut cependant rappeler que cet aéroport est situé dans l'une des régions les plus urbanisées et industrialisées du Canada. Dans un contexte rural, un tel aéroport serait probablement la principale source de pollution atmosphérique locale. On met aussi en évidence que l'utilisation d'aéronefs plus performants ayant des moteurs récents

contribuera à diminuer la pollution dans les années futures. De même, on signale qu'un aéroport plus grand possédant plus de pistes, réduit le délai d'attente des avions pour le décollage, ce qui réduit la pollution.

Pollution et perturbation du milieu aquatique ou de l'eau

On peut essentiellement noter deux types de problèmes: des perturbations physiques qui se manifestent durant la construction, mais qui demeurent permanentes, et une pollution provenant de l'emploi de substances chimiques particulières.

La construction de pistes peut avoir des impacts importants sur la qualité du milieu aquatique. D'abord, le détournement de ruisseaux modifie leur morphologie et détruit les habitats aquatiques tout comme l'assèchement. Une plus grande surface asphaltée augmente le ruissellement vers les cours d'eau, ce qui accroît les matières en suspension et la déposition de sédiments; la principale conséquence est la perturbation des habitats du poisson, notamment durant les périodes critiques de fraie.

La pollution chimique de l'eau, spécifique aux opérations aéroportuaires, provient de l'emploi de certains groupes de substances: les liquides de dégivrage des avions, les produits employés pour le déglaçage des pistes et ceux utilisés pour l'enlèvement des particules de caoutchouc qui collent sur les pistes. Dans une moindre mesure, on peut aussi identifier les liquides utilisés lors des exercices d'entraînement des pompiers; ces produits sont cependant habituellement contenus dans un périmètre précis.

Liquides de dégivrage des avions

Le dégivrage des ailes d'avion est nécessaire en période hivernale, notamment lors de précipitations verglaçantes, mais également à titre préventif pour empêcher la formation de glace sur les ailes à mesure que l'avion prend de l'altitude. Le déglaçage se fait par la pulvérisation d'une solution chaude d'éthylène glycol ou de propylène glycol. le liquide utilisé peut également contenir des substances à base de phosphore pour inhiber la corrosion de même que des agents mouillants ou épaississants pour favoriser l'adhésion de la solution de dégivrage.

L'éthylène glycol ($C_2H_6O_2$) est le produit couramment utilisé dans les formulations antigel pour les automobiles et les camions. C'est une substance miscible avec l'eau très toxique, la dose létale chez les humains étant de l'ordre de 1,4 mg/kg; l'ingestion de 100 ml d'éthylène glycol pur est donc suffisante pour tuer un adulte de poids normal. Les symptômes d'intoxication sont: vomissements, vertiges, détresse respiratoire et convulsion. Les dommages rénaux entraînant une urémie et une anurie conduisent à la mort. contrairement, à l'éthylène glycol, le propylène glycol ($C_3H_8O_2$) est peu toxique puisqu'il est oxydé en acides pyruvique et acétique. On a tout de même mis en évidence une DL_{50} de 25ml/kg chez le rat.

Plus de la moitié des solutions de déglaçage pulvérisées se retrouvent sur le sol et sont habituellement évacuées vers le réseau d'égout local ou vers des tranchées de drainage à ciel ouvert. les solutions de glycol ont été identifiées comme le polluant aquatique le plus important provenant d'un aéroport. ces solutions ont des effets nocifs pour la faune aquatique, notamment parce que le glycol est un important polluant organique doté d'une forte demande biologique en oxygène (DBO); il stimule la croissance bactérienne, réduisant ainsi la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. Les principales conséquences sont l'asphyxie des poissons par manque d'oxygène dissous et l'apparition de mauvaises odeurs dues à une trop grande prolifération bactérienne. Quant au phosphore qui peut être contenu dans certaines solutions de déglaçage, il stimule la prolifération des végétaux aquatiques, mais surtout celle des algues, entraînant ainsi l'eutrophisation du milieu. Il en résulte des conditions impropres à la vie aquatique ainsi qu'une dégradation des zones récréatives où se déversent les égouts ou les ruisseaux de drainage.

Déglaçage des pistes

Le déglaçage des pistes est nécessaire pour assurer que les avions puisse atterrir ou décoller sans danger. Dans la plupart des aéroports on utilise un abrasif, du sable, et un fondant, de l'urée. À l'aéroport Pearson, on utilise en moyenne 7 tonnes d'abrasif et de fondants par opération de déglaçage, une douzaine de fois par an. Cet aéroport étant situé dans l'une des zones climatiques les plus chaudes du Canada, la fréquence d'utilisation est plus élevée dans les aéroports plus nordiques.

L'abrasif sert à prévenir les dérapages, notamment à des températures très froides où les fondants sont peu efficaces. La principale conséquence environnementale d'un abrasif est d'accroître la teneur en matières en suspension (MES) dans l'eau, ce qui perturbe la vie aquatique, accroît la turbidité et ensable les cours d'eau.

Sur les pistes d'aéroport on n'utilise pas les fondants traditionnels comme le chlorure de sodium (NaCl) ou le chlorure de calcium ($CaCl_2$) parce qu'ils sont trop corrosifs et pourraient provoquer des problèmes de fonctionnement des avions. On utilise plutôt une solution d'urée à cause de son absence de pouvoir corrosif. Le problème de l'utilisation de l'urée provient de sa transformation en ammoniaque (NH_3), puis en nitrites et en nitrates.

L'ammoniaque (NH_3) dissous dans l'eau est très toxique, mais aux conditions de ph généralement existantes, inférieures à 8,0, il est presque entièrement sous forme d'ion ammonium (NH_4^+), beaucoup moins toxique. A noter qu'à des concentrations supérieures à 0,5 mg/L (norme fixée pour les prises d'eau potable), l'ammoniaque diminue l'efficacité de la chloration de l'eau. Les nitrites (ion NO_2^-) sont des substances hautement toxiques peuvant former la méthémoglobine qui empêche le transport de l'oxygène dans le sang. Les nitrites peuvent également former des nitrosamines cancérigènes en se liant avec des molécules organiques. Ils sont toutefois très instables et se transforment rapidement en nitrates. Ces derniers constituent la principale forme azotée présente dans les eaux naturelles, car l'ion nitrate (NO_3^-) est très soluble et très sable. La principale conséquence

environnementale est l'eutrophisation découlant de la croissance des végétaux aquatiques et des algues. La consommation d'une eau contenant plus de 10 mg/L de nitrates peut, à long terme, favoriser la formation de méthémoglobine.

Dégommage des pistes

Lors de l'atterrissage, le poids des avions combiné à la vitesse induit une pression suffisante sur les roues pour que du caoutchouc reste collé sur la piste. Afin de maintenir une friction suffisante et prévenir un dérapage, on doit dégommer une ou deux fois par an les pistes. À l'aéroport Pearson on utilise une solution contenant de l'hydroxyde de sodium (NaOH et du métabisultife de sodium ($NA_2O_5S_2$). La solution est pulvérisée sur la piste pour faire gonfler et décoller le caoutchouc qui est par la suite délogé à l'aide d'un puissant jet d'eau. La solution et les particules caoutchouteuses se dirigent alors en contrebas de la piste et aucune mesure particulière n'est prise pour les récupérer; par ailleurs, une partie de la solutions s'évapore dans l'atmosphère. On mentionne qu'une étude effectuée par transport Canada n'a pas démontrée un caractère toxique associé à cette solution. Il faut toutefois rappeler que le NaOH en solution est un liquide très corrosif. Quant au métabisulfite de sodium, il est très peu toxique, étant utilisé dans la composition de certains composés pharmaceutiques.

Effets sur la santé de la pollution de l'eau

Les principaux polluants aquatiques associés à l'opération d'un terminal aéroportuaire ne sont pas susceptibles de causer des problèmes de santé publique immédiats. La plus grande partie de ces polluants est normalement dirigée vers des canaux de drainage ou un système d'égout. Les principales substances utilisées (glycol, phosphore, azote) ne sont pas des composés toxiques persistants qui risquent de se bioaccumuler dans la chaîne alimentaire. Dans une perspective esthétique et de préservation des écosystèmes, il faut cependant tenir compte de la contribution de ces substances à la prolifération de micro-organismes et à l'eutrophisation.

Production de déchets et pollution du sol

Dans cette section, on inclut la perte d'habitats fauniques terrestres, la présence de sites contaminés ainsi que la production de déchets.

Les zones aéroportuaires s'étendent sur de grandes surfaces dont une partie est soustraite à toute activité humaine. Malgré la présence des avions, plusieurs espèces animales s'établissent de manière permanente dans le périmètre en question. Sur le territoire de l'aéroport Pearson, on a démonbré 96 espèces d'oiseaux et 11 de mammifères. En fait, la restriction d'accès fait de plusieurs aéroports situés en milieu

urbain des sanctuaires de faune. La construction ou l'extension de pistes détruit une partie des habitats terrestres, mais la surface asphaltée ou non naturelle ne représente généralement qu'une faible proportion de l'ensemble du périmètre aéroportuaire (généralement moins de 15%). la faune n'est cependant pas libre de se déplacer car, dans la plupart des cas, on manipule les habitats, on trappe les animaux ou on utilise des techniques d'effarouchement afin, notamment, d'éloigner les oiseaux des zones de décollage.

Une certaine quantité de liquides de déglaçage de même que du carburant est aussi susceptible de contaminer le sol aéroportuaire. La présence de réservoirs souterrains d'essence constitue également un risque et il importe de surveiller leur étanchéité à intervalle régulier. Dans un certain nombre d'aéroports on a pu identifier des sites contaminés par des déversements pétroliers ou des substances plus toxiques comme les polychlorobiphényles (PCB). Les lieux sous juridiction fédérale ont, ou doivent faire l'objet d'une décontamination. La situation des aéroports sous juridiction provinciale ou municipale doit être examinée cas par cas pour identifier la présence de sols contaminés.

Les opérations quotidiennes d'un aéroport génèrent des déchets de nature domestique, principalement des rejets de restaurants des déchets en papier ou en plastique. À noter que la quantité de déchets est considérablement accrue lors de la phase de construction d'un aérogare ou de nouvelles pistes, ce qui génère du sable, du gravier, du bois et divers débris. La majorité des déchets domestiques (environ 60%) est recyclable. Les déchets de restauration peuvent être compostés alors que les papiers et les plastiques peuvent être récupérés et recyclés. Des détritus plus gros, comme les pneus, devraient également être dirigés vers des installation de récupération. Conformément au plan fédéral de 1990, la plupart des provinces visent une réduction de 50% des déchets solides. Dans des cas exceptionnels (surtout des aéroports situés en milieu très nordique), un site d'enfouissement peut être situé sur le territoire en ou bordure de l'aéroport. il faut alors qu'il soit géré de manière à prévenir la pollution de l'eau et du sol (par percolation et lixiviation des précipitations), de l'air (déplacement de divers objets ou particules sous l'effet du vent) ou la prolifération de la vermine.

Les déchets générés à l'intérieur des avions sont qualifiés de déchets internationaux. En vertu de règlements d'Agriculture Canada, de Santé Canada et de Transport Canada, ces déchets ne doivent pas être mélangés à ceux provenant du terminal ou des opérations au sol. ils doivent être confinés dès leur sortie de l'avion et dirigés vers un incinérateur de déchets. Puisque cette gestion, et les coûts qu'elle entraîne, sont sous l'entière responsabilité des transporteurs aériens, ces derniers peuvent choisir de rapporter les déchets dans leur lieu d'origine (plus exactement à l'endroit où les matières consommées ont été préparées).

En matière de santé publique, la présence de sites contaminés ou la production de déchets domestique ne représentent pas de risque particulier. Le seul cas à risque est celui de l'existence de sites d'enfouissement non protégés localisés dans les régions nordiques éloignées.

Le bruit et les impacts psycho-sociaux

Le bruit est la nuisance environnementale la plus susceptible de nuire à la santé publique. Le bruit se définit généralement comme toute énergie acoustique susceptible d'altérer le bien-être physique ou psychologique des individus. La mesure la plus souvent utilisée est une valeur moyenne de niveau sonore équivalent (L_{eq}) par unité de temps (par exemple, 24 heures). L'échelle utilisée pour cette mesure est celle des décibels qui est logarithmique, signifiant ainsi que le bruit double d'intensité avec toute augmentation de 3 décibels.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) propose de limiter le bruit à l'intérieur d'une résidence à moins de 45 dB(A) durant le jour et à 35 dB(A) durant la nuit afin de préserver le sommeil. À l'extérieur, durant le jour, l'OMS suggère une limite de 50 dB(A) I_{eq} et de 45 dB(A) L_{EQ} pendant la nuit. On considère qu'au delà de 55 dB(A), le niveau de nuisance est sérieux dans un quartier résidentiel. Dans des zones industrielles ou dans un environnement de travail, on considère cependant qu'un niveau de 75 dB(A) L_{EQ} (8 heures) est acceptable. Il faut noter que ces normes sont actuellement en révision.

Les principaux problèmes que l'on peut attribuer à l'exposition au bruit sont l'altération du sommeil, la gêne de la communication, des effets sur le rendement et le comportement des écoliers ainsi que le sentiment de nuisance qui porte atteinte à la qualité de vie des citoyens. Par ailleurs, on a aussi noté qu'une exposition chronique peut provoquer une élévation de la tension artérielle.

À proximité de l'aéroport Pearson, l'intensité sonore moyenne à l'extérieur varie de 60 à 80 dBA durant le jour et de 50 à 70 dBA durant la nuit. Lors de certaines périodes d'intense activité aérienne, des pointes de 100 dBA ont été enregistrées. Les activités extérieures sont donc susceptibles d'être perturbées lors du passage des avions au dessus des zones résidentielles. Les auteurs de l'étude estiment cependant que les niveaux sonores enregistrés ne sont pas susceptibles de provoquer des problèmes physiques, telle qu'une diminution de l'acuité auditive, et que les niveaux nocturnes à l'intérieur des résidences ne perturbent pas le sommeil. On ne fait cependant pas référence à un suivi de la population afin de mettre en évidence des problèmes psychologiques ou psychiatriques à long terme. Notons finalement que les nouvelles générations d'aéronefs à turboréacteur sont beaucoup moins bruyantes, ce qui signifie que dans les prochaines décennies les nuisances sonores à proximité des aéroports devraient diminuer malgré l'accroissement du trafic aérien.

Par ailleurs, une dévaluation foncière des résidences situées à proximité d'un aéroport est une situation redoutée par plusieurs propriétaires. Dans un contexte où l'évaluation n'est pas affectée, il peut être plus difficile de vendre une maison, ce qui implique une diminution du prix de vente demandé.

Secteur: transport Activité: construction/opération d'un aéroport

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	écrasement d'aéronef	- destruction, pollution par fumées et liquides toxiques	- site et périmètre de l'écrasement	- recouvrement, confinement, captage	
Impacts et rejets atmosphériques	- co	- négligeable	- locale et régionale	- contrôle de la combustion	- 35 mg/m³ (1h)
	- co_2	- effet de serre	- planétaire		
	- no_x	- toxicité, formation de smog	- régionale et continentale	- réduire carburants fossiles	- aucune
	- COV	- toxicité, formation de smog	- régionale et continentale	- systèmes antipollution	- 200 µg/m³ (24h) pour le no_2 - aucune
	- particules en suspension	- dépôt sur végétaux, bâtiments, aspect inesthétique	- locale et régionale	- captage ou ↑ performances de combustion - captage ou filtration	- 120 µg/m³ (24h)
Impacts et rejets aquatiques	- détournement et assèchement des cours d'eau	- destruction habitats fauniques	- cours d'eau sur le site	- mesures de mitigation, restauration	- loi sur les pêches
	- matières en suspension	- perturbation de la faune aquatique	- cours d'eau sur le site	- mesures de mitigation, restauration	- loi sur les pêches
	- éthylène ou propylène glycol	- pollution organique, anoxie du milieu	- cours d'eau sur le site	- captage	- dbo_5 de 20 mg/l
	- urée	- pollution, eutrophisation	- cours d'eau sur le site	- captage	- aucune norme fédérale
	- hydroxyde de sodium (naoh)	- alcaninisation, toxicité	- cours d'eau sur le site	- captage, neutralisation	- variation de l'alcalinité limité à 25% de la conc. naturelle
Résidus solides Impacts sur le sol	- déchets domestiques	- esthétisme, salubrité, vermine	- site et périmètre	- ramassage, recyclage ou enfouissement sanitaire - incinération obligatoire	- règlements municipaux - ententes internationales (agriculture, Santé et transport Canada) - loi canadienne sur la protection de l'environnement
	- déchets internationaux	- parasites et micro-organismes étrangers au pays	- N.A...		
	- déchets dangereux (pétrole, pcb, etc.)	- toxicité, insalubrité	- site et périmètre	- confinement, élimination par procédés adéquats	
Nuisances	- bruit	- N.A...	- locale	-établir zones	- L_{eq} 45 dBA la

				tampon, utilisation d'avions de nouvelles générations, interdire vols de nuit	nuit et 55 dBA le jour (normes oms) Loi canadienne sur l'évaluation environnementale
Impacts indirects et sociaux	-conflit social, dé- valuation et dévalorisation	- économique	- locale	- compensation $ limiter vols aériens	- N.A...

Agresseur/ Exposition	Effet sur la Santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/cas documentés/ références
Sinistre technologique	- traumatismes, blessures, décès	- passagers des avions et résidants au sol	- rare	- rapports de mortalité et morbidité; bureau de la sécurité dans les transport	- consulter bureau de la sécurité dans les trans-ports (Ottawa)
Impacts et rejets atmosphériques	- ↑ du % de carboxyhé-moglobine, décès - changements climatiques - irritation des voies respiratoires, - irritations des voies respiratoires, smog pro-voque inflammation - problèmes respira-toires divers	- résidants locaux - population de la planète - habitants des zones urbaines - habitants des zones urbaines - habitants des zones urbaines	- très rare - fréquent - occasionnel durant période estivale - occasionnel durant période estivale - rare	- % de carboxyhémoglo-bine sanguin - mesure dans l'air ambiant - mesure dans l'air, études épidémiologiquees - mesure dans l'air, études épidémiologiques - mesure dans l'air ambiant	
Impacts et rejets aquatiques	- N.A...	- N.A...	-N.A...	- état des populations de poissons	
	- N.A...	- N.A...	- N.A...	- état des population de poissons	
	- toxique si ingéré (dose létale: 1,4 ml/kg pour éthylène glycol)	- aucune	- N.A...	- dosage dans cours d'eau ou égouts	
	- toxique si ingéré ou méthémoglobine	- aucune	- N.A...	- dosage dans cours d'eau ou égouts	
	- toxique singéré	- aucune	- N.A...	- mesure du Ph	
Résidus solides Impacts sur le sol	- problèmes d'hygiène et d'insalubrité	- personnes fréquen-tant aéroport et rési-dants en périphérie	- rare à modéré	- plaintes publiques	
	- propagation de maladies exotiques	- passagers des avions	- inconnue	- plaintes, suivi médical après incidents	
	- effets toxiques et potentiellement cancérigènes	- travailleurs de l'aéroport	- rare	- suivi médical des travailleurs	
Nuisances	- qualité de vie, perturbation du sommeil, stress, agressivité, hypertension	- résidants de la périphérie de l'aéroport	- rare à fréquent	- mesure du bruit ambiant extérieur et intérieur	
Impacts indirects et sociaux	- stress individuel et collectif	- voisinage et communauté	- occasionnel	- suivi de l'évaluation foncière, études de perception	

Sources:

Budavari, S., M.J. O'Neil, A. Smith et P.E. Heckelman, éditeurs, (1989) The Merck Index. Onzième édition, Merk & Co. New Jersey, États-Unis, 1606p. + annexes.
Lajoie, P. (1997) Particules dans l'atmosphère: des normes plus sévères pour protéger la santé. Bulletin d'information en santé environnementale (BISE), 8(3): 1-4.

Lévesque, B. et D. Gauvin (1996) Le bruit communautaire. Bulletin d'information en santé environnementale (BISE), 7(1): 4-6.

Transport Canada (1991) Lester B. Pearson international airport, airside development project: environmental impact statement summary. Ministère des transports, Gouvernement du Canada, rapport tp 10675e, 33p.

Transport Canada Airports (1991) Lester B. Pearson International Airport Environmental Management Plan. Ministère des transports, Gouvernement du Canada, rapport tp 10678e, pagination multiple.

Consulter aussi les textes et les références des grilles suivantes:

- routes et autoroutes (pour les polluants atmosphériques);
- enfouissement sanitaire (pour la pollution engendrée par les déchets domestiques);

Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 5 de 11

Forêts

Perspective canadienne

Le Canada compte quelques 418 millions d'hectares de forêt, soit 42% de la superficie totale du pays. La surface capable de produire du bois commercial est de 245 millions ha. Environ 63% de la forêt commerciale est constituée de peuplements de résineux (conifères), 15% de forêts feuillues et 22% de forêts mixtes. Les gouvernements provinciaux gèrent 71% des forêts du pays alors que les gouvernements fédéral et territoriaux en gèrent 23%. Le reste, soit 6%, est constitué de forêts privées qui appartiennent à plus de 425 000 propriétaires.

En 1993, la contribution de l'industrie du bois et du papier au PIB canadien fut de 19,8 milliards de dollars, 40% étant toutefois attribuable au secteur des pâtes et papiers. Le secteur des forêts était celui qui rapportait le plus de recettes en devises étrangères, contribuant pour 28 milliards de dollars à la balance commerciale. L'industrie forestière fournissait des emplois directs à près de 370 000 personnes en 1994.

La forêt au Québec

Le territoire québécois se divise en trois grandes zones de végétation : la toundra au nord du 55e parallèle; la taïga, composée de peuplements d'épinettes noires dispersées sur un tapis de lichens, entre les 52ème et 55ème parallèle; et la forêt, au sud du 52ème parallèle. Cette dernière zone, qui est commercialement exploitée, couvre 757 900 km^2 et se divise en trois autres zones, soit la forêt boréale (conifères) au nord (appartenant en presque totalité au gouvernement du Québec), la forêt mélangée (feuillus et conifères) au centre et la forêt de feuillus au sud, principalement dans la plaine du saint-laurent ainsi que dans l'outaouais et le témiscamingue.

Bien que la forêt feuillue située au sud de la province appartienne en grande partie à des propriétaires privés, l'immensité de la forêt boréale, qui constitue 73% de la forêt commerciale, fait en sorte que le gouvernement québécois est propriétaire de 85% de la forêt dans son ensemble. Dans ce contexte le gouvernement s'est donné le mandat de mettre en œuvre diverses pratiques visant à protéger la forêt commerciale contre le feu, les insectes ravageurs et la végétation compétitrice tout en s'assurant de sa régénération et de son accès pour la pratiques de diverses activités.

La présence de la forêt est la source d'une intense activité économique compte tenu qu'un peu plus de 30 millions m^3 de matière ligneuse est récoltée annuellement. Ce volume est équivalent à 460 000 camions de 45 pieds contenant 65 m^3 de billes de bois non écorcées de dimension moyenne. En 1994, mis bout à bout, ces camions auraient formé une chaîne de quelque 6 000 kilomètres (comparativement à la longueur du Canada qui a ____ km de saint-jean (terre-neuve) jusqu'à victoria (Colombie-Britannique). À la même époque, 76 000 personnes travaillaient dans des emplois directement liés à l'exploitation forestière ou dans l'industrie du bois de coupe et celle du papier, ce qui représente 2,4% de la main-d'œuvre québécoise. En termes monétaires, la valeur des livraisons de l'industrie forestière (exploitation en forêt, transformation en bois d'œuvre et industrie des pâtes et papiers), a été de 15,5 milliards $ en 1994; on comptait 62 usines de pâtes et papiers et mille usines de sciage.

Sources :

Canada (1996) l'état des forêts au Canada, 1995-1996. Service canadien des forêts, Ministère des Ressources naturelles, Gouvernement du Canada, 112p.

Canada (1996) l'état de l'environnement au Canada. Gouvernement du Canada, 820p.

Parent, b. (1996) ressources et industrie forestières; portrait statistique de 1996. Ministère des Ressources naturelles, gouvernement du Québec, 142p.

Utilisation de phytocides pour le dégagement en régénération forestière

Le terme phytocide est employé en foresterie, mais il a le même sens que le mot herbicide en agriculture; d'ailleurs une même substance peut être vendue pour l'une ou l'autre utilisation sous un nom commercial différent.

L'utilité des phytocides

On utilise habituellement les phytocides afin d'assurer la régénération des jeunes conifères après la coupe. Les jeunes arbres, dont la croissance est relativement lente, doivent faire face à la compétition de la végétation compétitrice ou concurrente. Cette dernière est composée de l'ensemble des espèces pionnières qui se développent rapidement à la suite d'une perturbation (coupe par l'homme, destruction de la forêt par le feu, le vent, la neige ou des insectes ravageurs). En interceptant la lumière, en absorbant l'eau et les éléments nutritifs ainsi qu'en occupant beaucoup d'espace, ces plantes nuisent parfois aux jeunes arbres qui croissent naturellement ou qu'on a plantés. Ce ne sont pas des espèces nuisibles, mais plutôt des espèces opportunistes qui se développent rapidement. Parmi ces végétaux, citons l'épilobe à feuille étroite, le framboisier, les graminées, le bouleau à papier et l'aulne rugueux.

Précisons ici qu'il existe tout un ensemble d'approches et de techniques qui permettent de limiter le recours au contrôle mécanique ou chimique de la végétation concurrente. Ces approches sont regroupées selon leur mode d'action : biologique (utilisation d'organismes brouteurs en pâturage), biomécanique (par exemple, utilisation de paillis pour limiter la croissance de la végétation compétitrice), mécanique et par phytocides (utilisation de produits chimiques pour maîtriser la croissance de la végétation). En règle générale, on utilise le dégagement mécanique qui implique l'emploi de divers outils permettant la coupe de la végétation concurrente (faucheuses motorisées ou Manuelles, machettes, scie circulaires, etc.) et le dégagement chimique par phytocides.

L'emploi de ces techniques vise globalement à promouvoir la régénération, de sorte que dans les conditions recherchées les jeunes conifères soient capables de se développer normalement sans intervention humaine.

La destruction de la végétation compétitrice (par des moyens mécaniques ou chimiques) ne se fait pas sur toutes les surfaces forestières coupées. En fait, cette destruction ne se

fait que dans le cas où la plantation Manuelle de jeunes arbres est nécessaire, ce qui, en 1996, correspondait à seulement 15% des surfaces en régénération. De plus, 25% des surfaces avec plantation n'ont pas subi de traitement; les 75% des surfaces plantées traitées correspondaient donc à 11% de l'ensemble de la superficie en régénération (75% de 15%). En règle générale, les plus grandes surfaces traitées avec des phytocides sont celle du Bas-Saint-Laurent (5 715 hectares en 1996, surtout en forêt publique) et de Québec (2 000 hectares, exclusivement en forêt privée).

L'application de phytocides peut se faire par voie aérienne, c'est-à-dire par pulvérisation d'un produit à l'aide de rampes portées par des avions ou des hélicoptères. On peut également appliquer le phytocide par voie terrestre à l'aide d'une machinerie lourde ou par des systèmes, motorisés ou non, portés par l'humain (pulvérisateur portatif). Dans le cas d'un épandage terrestre motorisé on doit aussi tenir compte des impacts environnementaux et sur la Santé des travailleurs causés par les gaz de combustion.

Superficies traitées

Au Québec, les superficies forestières traitées avec des phytocides sont passées de 3 500 hectares en 1984 à plus de 27 000 ha en 1993 (78% en forêt publique, le reste en forêt privée). Depuis 1993 toutefois, les superficies traitées sont constamment en régression, la prévision pour 1997 étant de 20 935 ha dont 14 460 ha en forêt publique (50% de la superficie traitée en 1993). Dans sa stratégie de protection des forêts adoptée en 1994, le gouvernement a d'ailleurs annoncé son intention d'abandonner l'emploi de phytocides en 2001 en mettant de l'avant tout un ensemble de techniques préventives protégeant et favorisant la régénération. Les propriétaires de forêts privés pourront cependant poursuivre l'emploi des phytocides après cette date s'ils le désirent car il ne s'agit pas d'un bannissement des herbicides en milieu forestier.

Nature et mode d'action du glyphosate

Actuellement, on n'utilise à peu près qu'un seul phytocide, soit le glyphosate (connu en milieu agricole sous le nom commercial de 'roundup' et de 'vision' en milieu forestier). Le glyphosate, développé dans les années 1960, est un phytocide non sélectif efficace contre les plantes herbacées, les broussailles et les arbres. Il inhibe la synthèse des acides aminés aromatiques essentiels au végétal, provoquant ainsi le dérèglement du métabolisme, puis la mort. C'est un produit non volatil que l'on retrouve temporairement dans l'air sous forme de gouttelettes lors de la pulvérisation. Les micro-organismes de l'environnement naturel le dégradent rapidement en acide aminométhylphosphorique (ampa) qui se décompose ensuite en phosphates et en co_2. Sa demi-vie est inférieure à deux mois et on ne le détecte plus après une période de 12 à 15 mois. On l'emploie à raison de 1,5 kg d'ingrédient actif par hectare; on a retrouvé des résidus moyens de 500 mg/g (poids humide) sur le feuillage et une contamination moyenne maximale de 33 fg/g (poids frais) dans un fruit comme la framboise dans les jours suivant l'épandage.

Effets chez l'humain

Chez l'humain on peut doser le glyphosate dans l'urine où sa concentration est directement proportionnelle à l'exposition. Tous les modes de contamination sont possibles, soit l'ingestion, l'inhalation et l'absorption cutanée. Selon les modèles proposés par le centre de toxicologie du Québec, une personne vivant près du site recevrait une dose journalière d'environ 0,0004 mg/kg. Dans le cas d'un chasseur-pêcheur fréquentant un secteur récemment traité, cette dose serait de 0,0006 mg/kg. Cette dose est toutefois inférieure à celle que la population adulte ingère par le biais de la consommation de céréales et de bière; dans ce cas on parle de 0,023 mg/kg. Selon l'epa, la dose journalière acceptable serait de l'ordre de 0,1 mg/kg. On n'a jamais décelé d'effets tératogènes, mutagènes ou cancérigènes attribuables à une exposition chronique au glyphosate.

Effets sur l'environnement

Selon l'ensemble des données et informations colligées par divers organismes, le glyphosate a peu d'effets notables sur l'environnement. Il n'affecte pas les conifères, dont on veut favoriser la croissance, puisqu'il est généralement épandu après la mi-août. À partir de cette période, les bourgeons des conifères entrent en dormance pour la période hivernale (c'est 'l'aoûtage') et, conséquemment, le glyphosate n'est pas métabolisé dans ces arbres. Les feuillus de petite taille continuent toutefois d'avoir un métabolisme actif, ce qui les rends vulnérables au glyphosate.

Après un épandage, on retrouve du glyphosate dans l'eau et le sol, mais en concentrations faibles. Le glyphosate est rapidement immobilisé sur les particules du sol où il est dégradé principalement par les micro-organismes naturellement présents. Les animaux et les oiseaux ne sont pas affectés pas le glyphosate bien que la défoliation des feuillus puisse entraîner des modifications quant au broutage des herbivores. La situation est rétablie après quelques années quant les feuillus recommencent à proliférer. Notons qu'un seul épandage est effectué dans un secteur donné puisque les conifères sont par la suite capables de dominer naturellement la végétation concurrente.

Secteur: forêt

Activité: épandage de phytocides (glyphosate[8]) pour favoriser la régénération forestière[9]

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- glyphosate	- défoliation des feuillus - possibilité de légère modification chez populations oiseaux nicheurs - pollution de l'air	- site et périmètre - site et périmètre - site et périmètre	- limiter dérive en tenant compte vitesse direction du vent, humidité	- glyphosate: aucune
	- gaz de combustion			- aucune	- gaz de combus.: *co: 0,3 ppm (1h), 0,13 ppm (8h) q-2, règ. qual. atmosph. *benzène:30 mg/m³ *frormaldéhyde: 3 mg/m³ (normes travail qc)
Émissions liquides ou dans l'eau	- glyphosate	contamination du milieu aquatique récepteur CL_{50}: 1,3 mg/l (truite arc-en-ciel, esp. la + sensible)	- site et périmètre	- bande de protection: 60m épand. aérien; 30m. épand terrestre	- critères mef et Env. Canada pour eau brute:0,28mg/l - 0,1 mg/kg/j (epa)
Émissions solides ou dans les sols	- glyphosate	- contamination du sol: principale voie de dégradation par micro-organisme	-site (glyphosate immobile dans le sol)	- aucune	-aucune
Nuisances	- bruit (moteurs)	- salubrité - salubrité	- site, périmètre et voisinage - site	- silencieux moteur - filtres	- L_{eq}: 50 db (jour)
	- vibrations				
	- odeurs (essence et phytocide)				
Impacts indirects ou autre exposition	- déversement phytocide	- contamination sol et cours d'eau	- site du déversement	- mesures préventives, formation	
	- conflit social	- valeur économique	- voisinage	- communication	
	- écrasement	- destruction,	- site écrase-	- récupération	- q-2, section iv

[8] Le glyphosate est l'herbicide utilisé de manière presque exclusive par le Ministère des Ressources naturelles du Québec et les producteurs privés subventionnés par le gouvernement.

[9] Cette grille est valable pour les arrosages effectués en forêt publique et pour ceux en forêt privée effectués selon les directives du Ministère des Ressources naturelles. Elle ne s'applique pas aux épandages effectués par Hydro-Québec, dans ses emprises hydro-électriques, ni à l'emploi du glyphosate (Roundup®) en milieu agricole.

	appareil utilisé pour épandage	contamination	ment et périm. immédiat	substances écoulées	

Agresseur/ Exposition	Effet sur la Santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- glyphosate: aucun effet notable	- N.A..	- N.A..	- N.A..	BAPE (1997) Couture *et al* (1995) MRN (1995)
	- gaz combustion: co: ↑ carboxy-hémoglobinémie; formaldéhyde et No_x: irritations resp. benzène et HAP: cancers	- travailleurs, surtout ceux effectuant épandage au sol avec machine rie motorisée	- inconnue -inconnus - inconnue	- concentration co sanguin - symptômes, suivi médical - études épidémiologiques	
Émissions liquides ou dans l'eau	- glyphosate: aucun effet notable aux concentrations retrouvées dans l'environnement	- N.A..	- N.A..	- effectuer tests de toxicité avec poissons (déterminer cl_{50})	- idem à ci-haut + Dostie (1991) Extoxnet (voir référence internet)
Émissions solides ou dans les sols	- glyphosate: aucun effet	- N.A..	- N.A..	- N.A..	idem à case sur «émissions gazeuses» + Legris et couture (1992)
Nuisances	- qualité de vie	surtout travailleurs	- fréquent	- plaintes,	Rapport MRN (voir ci-haut)
	- qualité de vie	- travailleurs	- fréquent	- plaintes	
	- qualité de vie	- travailleurs et voisinage	- occasionnel à fréquent	- plaintes	
Impacts indirects ou autre exposition	- nausées et vomissements Noael: 175mg/kg/j	- travailleurs	- très rare	- suivi médical	
	-qualité de vie/stress	- voisinage, communauté	rare à occasionnel	plaintes/perception	

- blessures/décès	- pilote	- très rare	- sécurité publique

Sources:

BAPE (1997) Programme de dégagement de la régénération forestière. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, Gouvernement du Québec, 133p.

Couture, G., J. Legris et R. Langevin (1995) Évaluation des impacts du glyphosate utilisé dans le milieu forestier (annexe e de l'Étude comparative des modes de dégagement de la régénération forestière). Ministère des Ressources naturelles, Gouvernement du Québec, 187p.

Dostie, R. (1991) Dépôt du glyphosate à l'extérieur des aires traitées par voie terrestres en 1989. Ministère des Forêts, Gouvernement du Québec, 14p.

Legris, j., g. Couture (1992) résidus de glyphosate dans les fruits sauvages à la suite de pulvérisations terrestres en milieu forestier en 1989 et 1990. Ministère des Forêts, Gouvernement du Québec, 25p.

MRN (1994) une stratégie : aménager pour mieux protéger les forêts. Ministère des Ressources naturelles, Gouvernement du Québec, 195p.

MRN (1995) étude comparative des modes de dégagement de la régénération forestière, rapport principal, volume 2. Ministère des Ressources naturelles, Gouvernement du Québec, ___p.

Utilisation de l'insecticide *Bacillus thuringiensis* (B.t.)

L'insecticide bactérien *bacillus thuringiensis* (*bt*) est largement utilisé en foresterie au Québec pour lutter contre certains insectes ravageurs, notamment la tordeuse des bourgeons de l'épinette[10]; depuis 1987. C'est d'ailleurs le seul produit autorisé pour les traitements aériens contre la tordeuse. En outre, depuis le début des années 1990, plusieurs municipalités du Québec utilisent également le *bt* pour lutter contre divers insectes piqueurs (moustiques, mouches noires, etc.) qui s'avèrent de véritables nuisances.

La tordeuse des bourgeons de l'épinette : perspectives canadienne et québécoise

[10] Précisons que, malgré le nom de l'insecte, le sapin baumier est le conifère le plus vulnérable.

La tordeuse des bourgeons de l'épinette, un lépidoptère, cause de graves dommages aux forêts coniférienne de l'ensemble du Canada, depuis le Yukon jusqu'à Terre-neuve. Ses infestations sont cycliques et reviennent en moyenne tous les 30 ans balayer le pays d'ouest en est. Elle s'attaque principalement au sapin baumier et à l'épinette blanche dont la mortalité respective fut de 65% et 20% lors de l'infestation des années 1940 et 1950 au Québec.

Dans l'Est canadien, la tordeuse constitue le parasite le plus nuisible. Intégré à l'écosystème depuis 10 000 ans, cet insecte a parfois contribué à créer de nouveaux peuplements en accélérant le déclin des forêts surranées. La situation a toutefois changé depuis que l'humain exploite commercialement la forêt. La première présence documentée de cet insecte remonte à 1704; une demi-douzaine d'autres intestations, pouvant durer jusqu'à 10 ans, se sont produites entre cette date et la fin du 19ème siècle. Dans les années 1920, une importante épidémie est survenue dans l'Est du Canada, notamment au Nouveau-Brunswick où certaines compagnies furent acculées à la faillite.

La fréquence et la durée des infestations se sont accrues au cours du 20e siècle. Au Québec, la dernière épidémie a débuté en 1968 en Outaouais pour occuper, en 1975, tout le territoire de la forêt coniférienne, les aires infestées se chiffrant à 35 millions d'hectares. Cette épidémie s'est terminée vers 1987 bien qu'au début des années 1990 des foyers résiduels d'infestations étaient encore notés en Gaspésie. Les pertes découlant de cette épidémie ont été évaluées à quelque 235 millions de m^3 de bois.

Les insectes piqueurs

Mentionnons par ailleurs que les insectes piqueurs (surtout les moustiques et les mouches noires) représentent une source de nuisance pour les humains et, dans une moindre mesure, pour les animaux domestiques et sauvages. Le principal inconvénient est de rendre la vie désagréable au point de limiter les activités extérieures durant la période où ces insectes sont les plus actifs, soit de début juin jusqu'à la fin juillet. En conséquence, ces insectes peuvent constituer une nuisance économique pour les activités touristiques. Au Canada, les insectes piqueurs ne sont toutefois pas des vecteurs de maladies, telles les encéphalites, comme c'est le cas en milieu tropical ou dans certaines régions des États-Unis. En termes de santé publique, on parle d'une nuisance plutôt que d'un véritable problème.

Insecticides employés au Canada avant le *Bt*

Les premiers épandages aériens intensifs contre la tordeuse furent effectués dans les années 1950 au Nouveau-Brunswick ainsi que dans l'est québécois. Jusqu'en 1962, le DDT fut le seul pesticide employé. Après le bannissement du DDT, au début des années 1970, le fénitrothion (un organophosphoré), l'aminocarbe et le mexacarbate (deux carbamates) furent utilisés de 1974 à 1976. À compter de 1977, le mexacarbate a été abandonné et le *Bt* a été employé pour la première fois en 1978. Le scénario reste le même dans les années 1982 et 1983, si ce n'est que l'emploi du *Bt* s'intensifie. En 1987,

le bacillus thuringiensis devient le seul insecticide utilisé en foresterie au Québec pour lutter contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. À partir de 1990, l'emploi du *Bt* sera aussi mis à l'essai pour lutter contre d'autres ravageurs forestiers, soit l'arpenteuse de la pruche, la tordeuse du pin gris et le diprion de swaine.

Information de base sur le *Bacillus thuringiensis*

Le *Bt* est une bactérie aérobie en forme de bâtonnet, omniprésente sur la planète et découverte au japon au début du siècle; dans les années 1920, on reconnaît son pouvoir insecticide. Il y aurait 34 sous-espèces de *Bt* (sérotypes et variétés) et quelque 40 000 souches; la souche la plus employée au Canada est *B.t.* var. *Kurstaki* (*Btk*) que l'on utilise en milieu forestier par voie de pulvérisation aérienne. En ce qui concerne la lutte contre les insectes piqueurs en milieu urbain ou touristique, c'est la souche *B.t.* var. *Israelensis* (*bti*) que l'on utilise. Le produit est injecté dans l'eau, afin qu'il puisse s'attaquer aux larves de moustiques; il n'est pas pulvérisé par voie aérienne. Sur le marché canadien, il existe 17 formulations commerciales de *btk* destinées au contrôle des Lépidoptères; au Québec, c'est essentiellement cette variété que l'on utilise contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, mais son emploi se répend maintenant en agriculture.

Mode d'action

Les formulations d'insecticides contiennent l'endospore du bacille ainsi qu'un corps parasporal, le cristal. Lorsque ce dernier se dissout dans le tractus digestif alcalin de certaines larves d'insectes, il libère diverses protéines appelées protoxines ou endotoxines-d (delta). Dans le tractus digestif des insectes, ces endotoxines-d sont transformées en toxines actives par des enzymes spécifiques qui déforment les cellules intestinales et provoquent une perforation épithéliale ainsi qu'un déséquilibre osmotique. Quelques minutes après l'ingestion des cristaux, les larves cessent de s'alimenter puis, au bout de quelques heures, elles meurent. Précisons que la dissolution du cristal doit se faire en milieu basique, soit à ph de 9 à 11. À noter également que les diverses toxines sont relativement sélectives et que leur spectre d'action est restreint à certains groupes d'insectes

Mobilité et persistence du Bt dans l'environnement

La dispersion des spores de *Bt* dans l'air est évidemment tributaire de la vitesse et de la direction du vent, du degré d'humidité ainsi que de la dimension des particules de l'insecticide lors de l'épandage. La concentration atmosphérique des spores de *Bt* diminue rapidement puisque, 2 heures après l'épandage, moins de 2% de la concentration totale est détectée. Dans les municipalités situées près des secteurs traités, la majorité des échantillons prélevés avaient des concentrations bactériennes

inférieures à 1 ufc/m^3 [11].on note cependantune persistanceenvironnementaledes spores, puisque plusieurs mois après l'épandage on peut encore en trouver dans l'air ambiant.

Sur les végétaux, les spores de *Btk* peuvent persister jusqu'à un an, bien qu'ils ne soient pas nécessairement viables; des spores viables ont été trouvés un mois après un épandage. La persistance de spores viables sur les végétaux peut s'expliquer par la protection contre le rayonnement ultraviolet solaire. Les spores qui sont dans les crevasses et les plis des feuilles, des cônes ou de l'écorce rugueuse des arbres ne sont pas exposés aux rayons UV, ce qui favorise leur viabilité.

La persistance environnementale du *Btk* dans l'eau est similaire à sa persistance dans l'air, soit une rapide diminution de la concentration au cours des premières heures et une présence à moyen terme (quelques mois à un an) à des concentrationstrès faibles (moins de 1% du maximum enregistré dans les premières heures). La présence à moyen terme du Bt dans l'eau s'explique notamment par le lessivage du sol via le ruissellement des eaux de pluie et la fonte de la neige. Le *Bt* se retrouve cependant surtout dans les sédiments aquatiques après un séjour de quelques semaines dans l'eau.

C'est dans le sol que le *Btk* persiste le plus longtemps, pouvant demeurer jusqu'à sept ans. Une étude a montré que la dégradation des spores et des cristaux est nulle ou faible après plus de 8 semaines dans les sols forestiers et agricoles alors qu'une autre a permis de constaterque la concentrationdu micro-organismese maintientun an après l'arrosage. Il faut cependant noter que la percolation verticale du *Bt* dans le sol est très faible, 90 à 99% des spores demeurant dans les cinq premiers centimètres; selon ces données, il y a donc peu de chances que le*Btk* atteigne la nappe phréatique. De plus, des études ont démontré que la germination des spores dans un sol acide est peu probable; or, ce sont de tels sols que l'on retrouve sous la forêt coniférienne boréale, celle qui fait habituellement l'objet d'arrosages.

Effets du *Bt* sur les animaux et les humains

L'exposition expérimentale de mammifères au *Bt* par voies orale, respiratoire, sous-cutanée ou oculaire n'a pas provoqué d'effet adverse chez les animaux exposés. On a cependant constaté la présence de *Btk* dans l'ensemble de la flore intestinale des travailleurs ainsi que chez des écoliers trois mois après la période d'arrosage. Il semble que la transmission du bacille pourrait se faire de personne à personne ou par des expositions indirectes par les vêtements ou l'air.

Dans certains cas, on mentionne que le bacille pourrait agir à titre d'opportuniste et contribuer à l'aggravation d'une maladie ou agir comme co-pathogène ou agent

---

[11] Ufc, unité formatrice de colonie: en principe chaque spore viable et chaque cellule végétative bactérienne qui est déposée sur une gélose nutritive (en plat de Pétri) devrait former une colonie visible à l'œil après quelques heures ou quelques jours. Dans le cas présent, cela signifie qu'il y a une bactérie par mètre cube d'air.

synergique. On possède cependant peu d'information à ce sujet et, dans les quelques cas documentés, le rôle du *Bt* serait mineur.

On sait également que le *Bt* peut persister dans les systèmes sanguin et digestif ainsi que dans divers organes comme les yeux, le nez, les poumons, le foie, la rate, le rein et le cerveau. Cette persistance peut être de quelques heures à plusieurs mois, selon l'organe atteint et la concentration initiale de la bactérie. On a constaté la formation d'anticorps de type IgM, puis IgC plus tard. Ces réactions immunologiques sont surtout engendrées par la présence de cellules végétatives, plutôt que celle des spores ou des cristaux. Ces anticorps ne persistent que quelques mois et aucun problème de Santé n'a été noté chez les travailleurs et les personnes chez qui ces anticorps se sont développés.

Une vaste étude épidémiologique a été effectuée en orégon à la fin des années 1980 dans une région habitée par 120 000 personnes où le Btk fut utilisé pour lutter contre la spongieuse asiatique (un papillon). Elle a mis en évidence 3 cas où le rôle du bacille n'a pas été parfaitement élucidé. Les trois personnes en question souffraient toutefois de problèmes de santé bien avant les pulvérisations, étant immunosupprimées. Dans ces trois cas, il n'a pas été possible d'attribuer les problèmes de nature infectieuse au *Btk*, ou d'exclure avec certitude le rôle étiologique du bacille.

Vers le milieu des années 1990, on a mis en évidence la présence d'une entérotoxine diarrhéique produite par certaines souches de *Bacillus thuringiensis*. Cette toxine serait en mesure de provoquer un empoisonnement alimentaire. Les auteurs rapportent également avoir identifié une souche de *B. thuringiensis*, variété *kurstaki*, dans plusieurs aliments d'origine végétale, ce qui suggèreait que ces micro-organismes puissent être ingérés. Par ailleurs, dans un cas d'empoisonnement alimentaire survenu dans une résidence pour personnes âgées au Canada, on a rapporté la présence de *B. thuringiensis* chez quelques malades; il a toutefois été impossible de préciser le rôle étiologique du Bt. Mentionnons également qu'en italie on a rapporté la présence de *B. thuringiensis* dans des plaies causées par de graves brûlures. Il importe de noter que dans tous ces cas, une caractérisation poussée a été nécessaire afin de différentier *B. thuringiensis* de *B. cereus*. Les deux micro-organismes sont en effet génétiquement proches et, compte tenu de l'implication bien connue de *B. cereus* dans plusieurs infections, notamment les gastro-entérites, on comprend l'importance de bien les différentier. Les études n'ont cependant pas permis de clarifier le rôle étiologique précis de *B. thuringiensis*.

Précisons enfin que des tests de sensibilisation cutanée n'ont pas permis de mettre en évidence une réaction allergique sur une peau intacte et qu'aucun cas de mutagénicité lié à la présence de *Bt* n'a été rapporté.

En conclusion, on peut raisonnablement croire que *B. thuringiensis* ne représente pas un danger pour la majorité des personnes en bonne santé. On ne doit toutefois pas rejeter des cas possibles d'infection opportuniste chez des personnes immunosupprimées ou

atteintes de graves infections. Par ailleurs, il faut se rappeler que l'emploi du *Bt* pour lutter contre les insectes piqueurs n'implique pas la même souche, *Bti* au lieu de *Btk*, et que dans ce cas on ne procède pas par voie de pulvérisation aérienne.

Effets des adjuvants ajoutés aux préparations de *Bt*

Les formulations commerciales de *Bt* contiennent essentiellement les cristaux de la toxine, des spores et des débris cellulaires auxquels on ajoute diverses substances. Les plus importantes de ces substances sont l'eau ou des huiles qui servent à suspendre les spores et les toxines. On ajoute à cette suspension des adjuvants destinés à accroître l'efficacité de l'insecticide. Ces adjuvants sont des diluants (eau, huile, poudre d'argile), des agents émulsifiants, épaississants, humidifiants et anti-moussants, des substances favorisant la consommation des cristaux par les insectes (comme du sucre) ainsi que des produits stabilisateurs (agents anti-oxydants, anti-bactériens, anti-évaporants). Il faut préciser que la nature et la composition chimique des adjuvants sont protégées par le secret industriel et qu'il est par conséquent impossible de connaître la toxicité potentielle réelle des formulations commerciales de *Bt*.

On possède toutefois suffisamment d'information pour affirmer que certains de ces adjuvants ont des propriétés légèrement irritantes, comme le confirment les mise en garde apparaissant sur les fiches signalétiques des formulations commerciales. Le système respiratoire et les yeux seraient les organes les plus sensibles aux adjuvants. Ainsi, des irritations oculaires et une congestion conjonctivale notées chez des lapins résulteraient de la nature abrasive des adjuvants. Un ulcère cornéen diagnostiqué chez un homme ayant reçu une formulation insecticide dans l'œil serait également le résultat de l'effet des adjuvants. Finalement, la fréquence plus grande d'irritations des yeux, du nez et de la gorge ainsi que des gerçures aux lèvres et des assèchements cutanés chez des travailleurs exposés au btk, comparativement à un groupe-témoin, pourrait être une conséquence de la présence de produits autres que les bactéries. Précisons cependant que ces symptômes irritatifs étaient observés surtout chez les travailleurs ayant des antécédents allergiques (asthme, eczéma, allergies saisonnières).

Secteur: forêt
Activité: épandage de *Bt* (*Bacillus thuringiensis*) pour lutter contre certains insectes ravageurs en forêt et les insectes piqueurs en milieu urbain

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- spores et cristaux de Bt	- dépôt sur végétation; aucun effet toxique connu	- site, périmètre et voisinage	- limiter dérive aérienne lors d'épandage	- aucune norme
	- adjuvants divers	- pollution de l'air	- site, périmètre et voisinage	- limiter dérive aérienne lors d'épandage	- les préparations commerciales de Bt soumises au processus fédéral d'homologation des pesticides
Émissions liquides ou dans l'eau	- spores et cristaux de Bt - adjuvants divers	- présence et persistance dans eau de surface - inconnu	- site, périmètre et voisinage - inconnu	- éviter passage au dessus cours et plans d'eau - idem	arrêt d'arrosage vis-à-vis la rive (coupure en bordure), pas d'autre norme
Émissions solides ou dans les sols	- spores et cristaux de bt	- présence et persistance dans le sol	- site et périmètre	- aucune possible	- aucune
	- adjuvants divers	- inconnu	- inconnu	- aucune possible	- aucune
Nuisances					
Impacts indirects ou autre exposition	- déversement de solution insecticide concentrée	- contamination sol et cours d'eau	- site du déversement	- mesures préventives, formation des travailleurs	
	- écrasement de l'appareil utilisé pour épandage	- destruction, contamination	- site d'écrasement et périmètre immédiat	- récupération des substances répandues	
	- conflit social	- valeur économique	- voisinage	- communication	

Agresseur/ Exposition	Effets sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- probablement aucun, infection opportuniste chez immunosupprimés	- immunosupprimés (?)	- inconnue ou très rare	- détermination des spores viables (cfu)[4]; études épidémiologiques	Lessard et Bolduc (1996) Damgaard *et al* (1995 1996, 1997) Green *et al* (1990)
	- possible irritations des yeux, peau, et voies respiratoires	- travailleurs exposés	- rare	- inconnu (adjuvants protégés par le secret industriel)	
Émissions liquides ou dans l'eau	- probablement aucun, infection opportuniste chez immunosupprimés	- immunosupprimés (?)	- inconnue ou très rare	- détermination des spores viables (cfu) dans eau (surface et potable)	Lessard et Bolduc (1996) Damgaard et al (1995 1996, 1997)
	- inconnu	- inconnu	- inconnu		
Émissions solides ou dans les sols	- inconnu	- inconnu	- inconnu	- N.A.. -	Lessard et Bolduc (1996)
	- aucun	- N.A..	- N.A..	N.A..	
Nuisances					
Impacts indirects ou autre exposition	- irritations dus aux adjuvants	- travailleurs	- rare	- inconnu (adjuvants protégés par le secret industriel)	Lessard et Bolduc (1996) - q-2, section IV, étude d'impact si épandage > 600 ha en forêt
	- essures/ décès	- pilote avion/hélicoptère	- très rare	- sécurité publique, Transport Canada	
	- stress, inquiétude	- voisinage, communauté	- rare à occasionnel	- plaintes/études de perception	

Sources :

Damgaard, P.H. (1995) Diarrhoeal Enterotoxin Production By Strains Of *Bacillus Thuringiensis* Isolated From Commercial *Bacillus Thuringiensis*-Based Insecticides. FEMS Immunology and Medical Microbiology, 12: 245-250.

Damgaard, P.H., P.E. Granum, J. Bresciani, M.V. Torregrossa, J. Eilenberg et L. Valentino (1997) Characterization of *Bacillus Thuringiensis* Isolated From Infections In Burn Wounds. FEMS Immunology and Medical Microbiology, 18: 47-53.

Damgaard, P.H., H.D. Larsen, B.N. Hansen, J. Bresciani et K. Jorgensen (1996) Enterotoxin-Producing Strains Of *Bacillus Thuringiensis* Isolated From Food. Letters in applied microbiology, 23: 146-150.

Dorais, L., M. Auger, M. Pelletier, M. Chabot, C. Bordeleau et J. Cabana (1991) Pulvérisations aériennes d'insecticides réalisées au Québec de 1974 à 1987 pour lutter contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Ministère des Forêts (maintenant Ministère des Ressources naturelles), Gouvernement du Québec, document non paginé.

Green, M., M. Hehmann, R. Sokolow, L.R. Foster, R. Bryant et M. Skeels (1990) Public Health Implications Of The Microbial Pesticide *Bacillus Thuringiensis*; An Epidemiological Study, Oregon, 1985-86. American Journal of Public Health, 80: 848-852.

Jackson, S.G., R.B. Goodbrand, R. Ahmed et S. Kasatiya (1995) *Bacillus Cereus* And *Bacillus Thuringiensis* Isolated In A Gastroenteritis Outbreak Investigation. Letters in Applied Microbiology, 21: 103-105.

Lessard, S. et D.G. Bolduc (1996) L'insecticide *Bacillus thuringiensis* et la santé publique. Comité de santé environnementale du Québec, centre de santé publique du Québec, Beauport, 70p.

Mackay, D. (1987) Un patrimoine en péril - La crise des forêts canadiennes. Les publications du Québec, Gouvernement du Québec, 302p.

Riendeau, R. (1990) Arrosages aériens : pour les conifères, contre les feuillus. Forêt Conservation, 57(1) : 20-24.

SOPFIM (1992) Programme quinquennal (1993-1997) de pulvérisations aériennes d'insecticides pour lutter contre certains insectes forestiers. Tome 1, tordeuse des bourgeons de l'épinette, résumé. Société de protection des forêts contre les insectes et maladies (Gouvernement du Québec), SNC-Lavallin, dossier no. 25255, pagination multiple.

Van Frankenhuysen, K. (1990) Development And Current Status Of *Bacillus Thuringiensis* For Control Of Defoliating Forest Insects. The Forestry Chronicle, octobre, 498-507.

Industrie minière

Notions de base sur l'exploitation minière en général

L'industrie minière comporte plusieurs étapes qui sont l'exploration, l'exploitation et le traitement des minerais[12]. Les substances concernées par l'activité minière peuvent être essentiellement séparées en deux groupes : les métaux, qui comprennent notamment l'or, l'argent, le plomb, le cuivre, le nickel, le zinc, le molybdène et le fer, ainsi que les non-métaux qui comprennent l'amiante, le gypse, la potasse, le sel, le titane, le soufre, la silice et la tourbe. Il faut par ailleurs souligner que les données statistiques incluent habituellement un troisième groupe. Celui des matériaux de construction ou 'carrières', lequel comprend le granit, le calcaire, le marbre, le grès l'ardoise, le sable, le gravier, la chaux et le ciment.

L'exploitation d'un gisement minier, qui consiste à extraire du sous-sol le minerai et les constituants de la gangue, peut se faire dans des mines à ciel ouvert (exploitation de surface) ou souterraines. Dans le cas d'une exploitation de surface, le minerai est prélevé à mesure que la fosse est élargie et creusée. Au Québec, les gisements à ciel ouvert les plus spectaculaires sont les mines d'amiante de la région de Thetford Mines et de Black Lake, certaines ayant deux kilomètres de diamètre. Dans une exploitation souterraine, le minerai est extrait par l'intermédiaire de puits verticaux et de galeries horizontales qui suivent les 'veines' ou les filons contenant les substances recherchées. Des métaux comme le cuivre, le zinc et l'or sont généralement extraits de mines souterraines.

Le minerai extrait du sous-sol doit subir un premier traitement sur place afin d'éliminer la plus grande partie de la gangue. Ces activités de traitement, désignées sous le vocable de minéralurgie, sont habituellement au nombre de trois, soit la préparation, la concentration et le conditionnement. Ces étapes sont, à divers degrés, génératrices de pollution, tel que précisé plus loin.

La préparation du minerai se fait par concassage et broyage afin de procéder à un classement granulométrique. La concentration vise à séparer les grains de minerais (métaux ou non métaux) de leur gangue. On utilise des méthodes gravimétriques (basées

---

[12] Un minerai est une roche ayant une concentration élevée de minéraux ou de métaux utiles qui justifient une exploitation commerciale. Un minerai contient également des substances sans valeur que l'on appelle la gangue. Il existe quelque 3 000 types de minerai sur la planète et, à titre d'exemple, on peut mentionner la calcopyrite ($CuFeS_2$) et la malachite ($CuCO_3.CU(OH)_2$) qui contiennent du cuivre comme métal utile.

Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 6 de 11

Industrie minière

Notions de base sur l'exploitation minière en général

L'industrie minière comporte plusieurs étapes qui sont l'exploration, l'exploitation et le traitement des minerais[12]. Les substances concernées par l'activité minière peuvent être essentiellement séparées en deux groupes : les métaux, qui comprennent notamment l'or, l'argent, le plomb, le cuivre, le nickel, le zinc, le molybdène et le fer, ainsi que les non-métaux qui comprennent l'amiante, le gypse, la potasse, le sel, le titane, le soufre, la silice et la tourbe. Il faut par ailleurs souligner que les données statistiques incluent habituellement un troisième groupe. Celui des matériaux de construction ou 'carrières', lequel comprend le granit, le calcaire, le marbre, le grès l'ardoise, le sable, le gravier, la chaux et le ciment.

L'exploitation d'un gisement minier, qui consiste à extraire du sous-sol le minerai et les constituants de la gangue, peut se faire dans des mines à ciel ouvert (exploitation de surface) ou souterraines. Dans le cas d'une exploitation de surface, le minerai est prélevé à mesure que la fosse est élargie et creusée. Au Québec, les gisements à ciel ouvert les plus spectaculaires sont les mines d'amiante de la région de Thetford Mines et de Black Lake, certaines ayant deux kilomètres de diamètre. Dans une exploitation souterraine, le minerai est extrait par l'intermédiaire de puits verticaux et de galeries horizontales qui suivent les 'veines' ou les filons contenant les substances recherchées. Des métaux comme le cuivre, le zinc et l'or sont généralement extraits de mines souterraines.

Le minerai extrait du sous-sol doit subir un premier traitement sur place afin d'éliminer la plus grande partie de la gangue. Ces activités de traitement, désignées sous le vocable de minéralurgie, sont habituellement au nombre de trois, soit la préparation, la concentration et le conditionnement. Ces étapes sont, à divers degrés, génératrices de pollution, tel que précisé plus loin.

La préparation du minerai se fait par concassage et broyage afin de procéder à un classement granulométrique. La concentration vise à séparer les grains de minerais (métaux ou non métaux) de leur gangue. On utilise des méthodes gravimétriques (basées

---

[12] Un minerai est une roche ayant une concentration élevée de minéraux ou de métaux utiles qui justifient une exploitation commerciale. Un minerai contient également des substances sans valeur que l'on appelle la gangue. Il existe quelque 3 000 types de minerai sur la planète et, à titre d'exemple, on peut mentionner la calcopyrite ($CuFeS_2$) et la malachite ($CuCO_3.CU(OH)_2$) qui contiennent du cuivre comme métal utile.

sur la densité ou le poids des éléments) de séparation magnétique et de flottaison, cette dernière étant fondée sur des procédés qui amènent les particules minérales ou métalliques à flotter à la surface d'un liquide. Divers produits chimiques sont utilisés afin de modifier les propriétés des éléments en vue de favoriser leur concentration; par exemple, le cyanure est employé pour l'or et l'argent alors que le cuivre et le zinc seront récupérés par flottaison. Finalement, le conditionnement consiste à rendre le minerai propre à une manutention ou à subir des traitements métallurgiques ultérieurs. Toutes ces étapes visent à produire un minerai plus pur en élément recherché (or, cuivre, zinc, etc.), mais la pureté obtenue peut être parfois assez faible, de l'ordre de 20 à 40%.

L'obtention d'un métal pur ou la préparation d'alliages se fait par des opérations de fusion et d'affinage qui se font en partie sur le site de l'exploitation minière; dans le cas de l'or, au Québec, c'est un produit pur à environ 96% qui quitte la mine pour être dirigé vers la métallurgie. Les fonderies, les aciéries et les alumineries sont des activités métallurgiques dont les conséquences environnementales ne sont pas considérées dans la présente section (voir, par exemple, la grille d'impacts résultant de la production d'aluminium).

Portrait socio-économique canadien

En 1995, on comptait, au Canada, 88 établissements de production de métaux, 127 établissements produisant des substances non métalliques et 318 lieux désignés comme des carrières ou des endroits de production de matériaux de construction. La plus grande part des revenus de l'industrie minière provenait des mines de métaux (68%), suivi de celles faisant l'extraction de non-métaux (17%), puis des carrières (15%). La plus grande partie (80%) de la production minière canadienne est exportée, ce qui fait que ce secteur se situe au second rang en terme de recettes à l'exportation (devancé par le secteur forestier), les produits métalliques et non métalliques représentant 14,6% de l'ensemble des exportations canadiennes. En 1994, un excédent commercial de 11,7 milliards a été engendré par les exportations minières. On comptait près de 35 000 emplois dans les mines de métaux, 10 800 dans les mines de non-métaux et près de 6 000 dans les carrières et les établissements produisant des matériaux de construction.

Le Canada est le premier exportateur mondial de minéraux, se classant notamment au premier rang pour la production de zinc (28% de la production mondiale) et de la potasse (36%). Il se classe deuxième pour la production de nickel (17%), de cadmium (12%), d'amiante (19%) et de soufre élémentaire (22%). La plus importante activité minière canadienne se situe en Ontario (30%), suivie de la Colombie-Britannique (18%), puis du Québec (16%).

Portrait socio-économique québécois

Au Québec, on extrait du sous-sol près d'une trentaine de substances minérales. Les principaux métaux extraits étaient, en 1996, le minerai de fer (15 millions de tonnes), le cuivre (127 000 t), le niobium (2 362 t), le cadmium (333 t) et le zinc (200 t). Quant aux

non-métaux, les principaux étaient la silice (527 000 t), l'amiante (519 000 t) et le soufre (156 000 t). La production québécoise de substances métalliques représentait 24% de la production canadienne et 19% pour les métaux. La part de l'activité minière dans le produit intérieur brut du Québec est stable depuis plusieurs années et représente environ 1%.

Exploitation d'une mine d'or

Généralités sur l'exploitation de l'or

L'or est un métal inaltérable, très ductile, malléable et conductible qui est recherché pour plusieurs usages industriels tels l'électronique, la haute technologie et la dentisterie; c'est toutefois dans le domaine de la joaillerie que l'utilisation est la plus importante (84% de la demande).

La demande mondiale en or, qui influe notamment sur la décision d'ouvrir on non de nouvelles mines, est toutefois tributaire des politiques monétaires des banques centrales et des institutions financières en général. Le résultat de ces politiques influe sur le prix de l'or qui, à titre d'exemple, est passé de 417$ l'once en février 1996 à 282$ en janvier 1998. Dans un tel contexte, l'ouverture d'une nouvelle mine peut être retardée puisqu'un prix trop bas de l'or engendrerait un déficit des opérations d'exploitation.

La production mondiale d'or pur a été de 2 328 tonnes métriques en 1996, la plus grande partie provenant de l'Afrique du Sud (490 t) et des États-Unis (300 t). Le Canada a produit 160 tonnes d'or en 1996, dont 42 t provenaient du Québec où l'extraction du métal précieux se fait dans une vingtaine de mines souterraines, toutes situées dans les régions de l'Abitibi et de Chibougamau.

Le métal aurifère est habituellement pris dans une gangue de quartz ou de sulfures. Au Québec, l'or provient à 85% de mines de quartz aurifère; il est important de noter cela puisque le minerai de quartz génère peu de drainage minier acide (voir plus bas), contrairement à un minerai sulfuré. Le traitement du minerai aurifère, visant à dégager le métal de sa gangue, se fait par diverses méthodes qui sont basées sur l'emploi du cyanure. L'or est dissous dans une solution de cyanure de sodium ou de calcium et subséquemment récupéré (par précipitation) à l'aide d'une poudre de zinc (ancien procédé) ou par électrolyse avec du charbon activé (méthode plus récente).

Pollution résultant de la circulation de véhicules lourds

Un important problème de pollution découle de la circulation de camions lourds dans les collectivités voisines d'une mine. Les méthodes modernes d'exploitation et de purification du minerai sont telles qu'il est beaucoup plus rentable de traiter le minerai dans une usine

spécialisée située à l'extérieur du périmètre de la mine. Cela peut impliquer le transport de 500 à 1 000 tonnes de minerai, soit l'équivalent de 20 à 40 semi-remorques, par jour. Cette circulation entraîne une augmentation des risques d'accidents, une détérioration des routes ainsi qu'une augmentation de la pollution de l'air et par le bruit.

Pollution de l'eau

L'industrie minière en général consomme une importante quantité d'eau pour le traitement du minerai. En ce qui concerne l'industrie aurifère au Québec, elle utilise annuellement plus d'un million de tonnes d'eau, soit environ 2,3 m^3 par tonne de minerai brut traité. Parmi les polluants généraux pouvant se retrouver dans les effluents miniers, mentionnons les matières en suspension (mes) et divers métaux provenant de la gangue. Il faut toutefois insister sur la présence de deux types de pollutions particulièrement nuisibles pour l'environnement, soit le drainage minier acide et la présence de cyanures.

Le drainage minier acide (DMA)

Les exhaures acides, occasionnées par l'exploitation de divers gisements miniers, constituent à long terme le problème environnemental le plus grave de l'industrie minière. La présence de ces exhaures acides provient du fait que la plupart des métaux se trouve emprisonnés dans des minerais sulfurés, comme la pyrite de fer. Lorsque les minéraux sulfurés sont exposés à l'air et à l'humidité, il se produit une oxydation qui forme de l'acide sulfurique. Cette production d'acide peut s'accroître pendant des centaines d'années et elle devient presque impossible à stopper. L'accélération du processus est favorisée par la présence de bactéries, naturellement présentes dans le milieu, qui catalysent la réaction en oxydant les sulfures de fer et le soufre élémentaire. L'activité oxydatrice microbiologique est de 500 000 à un million de fois plus rapide que l'oxydation à l'air libre dans des conditions environnementales similaires. Les bactéries impliquées appartiennent au genre *Thiobacillus* sp, un groupe qui ne représente aucun danger pour les mammifères.

Le pH acide des effluents miniers ou des eaux de lixiviation provenant des parcs à résidus miniers (voir plus bas) s'il présente un danger pour la faune aquatique ne constitue pas un réel problème de santé publique. La présence de DMA est susceptible d'accroître la toxicité du cyanure, en favorisant notamment la formation d'acide cyanhydrique (HCN) une forme très toxique (voir plus bas). De plus, une eau très acide entraîne la libération de divers métaux lourds (aluminium, arsenic, cadmium, cuivre, fer, plomb, nickel et zinc) présents dans la gangue ainsi que dans la roche mère sur laquelle cette eau s'écoule. Il importe de préciser que le DMA est un problème plutôt spécifique aux mines de cuivre, de zinc ou polymétalliques. Dans une mine d'or, les eaux de rejet sont basiques, de sorte que les sulfures ne sont pas oxydés en sulfates.

La prévention du DMA peut se faire de diverses manières, dont l'ennoiement des résidus miniers non oxydés. Cette approche consiste à immerger dans l'eau les résidus, ce qui empêche l'oxygène de parvenir aux minéraux sulfurés et d'initier l'oxydation chimique.

Les cyanures

Le traitement de l'or implique d'abord l'emploi d'une solution de cyanure de sodium en milieu alcalin. L'or, ainsi dissous, est ensuite séparé des résidus par absorption des complexes cyanurés avant d'être plongé dans une solution de soude caustique chaude qui entraîne une désorption du cyanure (réutilisable), donnant une solution concentrée du métal précieux. Bien que la plus grande partie du cyanure soit réutilisé, l'eau qui s'écoule du produit ayant servi à filtrer le complexe cyanure-or peut contenir de faibles quantités résiduelles de ce toxique.

Rappelons ici que les cyanures comprennent différentes classes de composés inorganiques et organiques caractérisés par le radical -C N, formé d'une triple liaison entre un atome de carbone et un atome d'azote. En fonction de leur propriétés physico-chimiques, les cyanures peuvent être qualifiés de libres, simples, complexes et organiques. Ainsi, en milieu aqueux, le cyanure libre correspond à la somme des anions libres (CN^-), en équilibre avec une forme moléculaire, l'acide cyanhydrique ou cyanure d'hydrogène (HCN), le pH étant le facteur déterminant de cet équilibre. Les cyanures simples sont des composés où le radical CN^- est associé à des métaux ou des métalloïdes; dans l'eau, ces composés se dissocient facilement pour former l'anion CN^-. Les cyanures complexes inorganiques se forment surtout avec fer (ferrocyanures), le cuivre (cuprocyanures) et le zinc; ces complexes sont très persistants dans l'environnement. Mentionnons également la formation de thiocyanates, une association entre le cyanure et les composés soufrés présents dans divers minerais ou engendrés par le DMA.

La présence de cyanures dans les eaux de surface provient habituellement d'activités anthropiques, plus particulièrement l'extraction de l'or. Dans certains cas extrêmes, des concentrations de 26 mg/L de cyanures libres ont été mesurées dans les effluents miniers; à titre de comparaison, mentionnons que la directive 019 du ministère de l'Environnement du Gouvernement du Québec est de 0,1 mg/l de CN^-.

Les cyanures sont dégradés sous l'effet des rayons solaires, notamment les rayons U.V. Le risque de contamination de l'eau se fait surtout sentir au printemps car, durant l'hiver, le rayonnement ultraviolet n'atteint pas les cyanures présents dans l'eau circulant sous un couvert de glace ou qui est rejetée dans un bassin dont la plus grande partie de la surface est gelée. On devrait donc retenir toute les eaux polluées rejetées de novembre à avril. Un rejet hâtif au printemps, ou la rupture de digues de retenue, risque de libérer dans l'environnement une eau riche en cyanures. Cette dégradation solaire est à l'origine d'un traitement privilégié qui consiste à favoriser la dégradation des cyanures dans des bassins ayant une grande surface.

La toxicité des cyanures est en étroite relation avec leur forme. Le cyanure libre représente la forme la plus toxique; les cyanures simples se dissocient toutefois rapidement en cyanure libre dans l'eau. L'acide cyanhydrique (HCN), qui est la forme généralement associée aux pH des eaux douces de surface, est aussi la plus toxique. Le

HCN pénètre rapidement dans l'organisme et manifeste son action en se fixant au groupement de fer ferrique (Fe^{+3}) qui joue un rôle actif dans plusieurs systèmes enzymatiques. Chez l'humain, plus de 40 systèmes enzymatiques peuvent être inactivés par le cyanure, le plus important étant le complexe cytochrome oxydase, le premier système impliqué dans la chaîne de transporteurs respiratoires des mitochondries. Son inhibition entraîne l'arrêt de la formation d'atp, ce qui provoque un effet pathologique similaire à un manque d'oxygène dans le sang. En fait, bien que l'oxygène puisse parvenir aux cellules, ces dernières sont incapables de l'utiliser. L'action du cyanure est rapide et peut causer la mort en quelques minutes. Les symptômes typiques sont une faiblesse, des maux de tête et une tachycardie. Il existe cependant un traitement à cet empoisonnement qui se présente sous la forme d'une trousse comprenant divers antidotes.

Chez l'humain, un empoisonnement résultant de la présence de cyanure dans les eaux usées de mine est peu probable. Cependant, étant donnée la forte toxicité de ce composé, sa présence dans l'eau est toujours préoccupante, la CL_{50} (96 heures) variant entre 0,03 et 0,15 mg/L pour la plupart des poissons d'eau douce, ce qui en fait un toxique plus puissant que le mercure et l'ensemble des métaux lourds. Au printemps, on a recensé plusieurs cas de mortalité chez des outardes qui s'étaient posées sur des bassins contenant une eau fortement cyanurée.

Les résidus miniers

Les déchets miniers peuvent être constitués de morts-terrains, c'est-à-dire les dépôts meubles recouvrant un gisement. Ces rejets sont toutefois produits en quantités limités et ils ne représentent pas une véritable agression environnementale, sauf dans le cas où des poussières sont produites par le vent et une érosion provoquée par l'eau de pluie. Les déchets les plus nuisibles sont toutefois constitués des résidus miniers de deux types : les stériles et les résidus de traitement. Les stériles miniers sont constitués de roches contenant une quantité insuffisante de métal (ou de non-métal) pour permettre une extraction économiquement rentable. Ils proviennent de l'excavation des rampes d'accès, des galeries et cheminées souterraines qui permettent d'atteindre les zones aurifères de la mine. Quant aux résidus de traitement du minerai, ils sont notamment constitués par la gangue qui est enlevée lors des divers traitement de concentration.

Les résidus miniers peuvent être entreposés sous formes de collines, appelées haldes, si leur granulométrie le permet; le cas typique au Québec est celui des haldes de résidus d'amiante dans la région de Thetford Mines. Il existe aussi les parcs à résidus miniers dont les plus importants, au Québec, ont une superficie de plusieurs centaines d'hectares. Ces parcs à résidus constituent par ailleurs un excellent terrain pour le développement du drainage minier acide. Au Québec, on compte près de 150 parcs à résidus miniers qui occupent une superficie d'environ 12 000 hectares, le tiers de ces lieux résultant d'activités aurifères.

Il existe diverses méthodes permettant de remettre dans un état environnementalement acceptable les parcs à résidus miniers. Contenir et contrôler les écoulements d'eau et empêcher leur contact avec l'air sont les actions de base essentielles pour empêcher la formation de DMA. Dans le cas des parcs à résidus abandonnés, on recouvre les résidus d'un sol imperméable sur lequel sera planté de la végétation.

Secteur: mines Activité: extraction d'or par exploitation souterraine

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	-rupture de digue de retenues	pollution de l'eau par cyanures et métaux lourds	mine et cours d'eau récepteur le cas échéant	surveillance	
-effondrement et	inondation des galeries			- solidification des galeries	
Émissions gazeuses ou atmosphériques	particules en suspension	- dépôt sur végétation, esthétisme	- site et périmètre	- abat-poussière sur routes d'accès au site couverture végétale sur résidus abandonnés	150 µg/m³ (24h) Q-2, r. sur la qualité atmosphère
Émissions liquides ou dans l'eau	- cyanures	-grande toxicité pour organismes aquatiques: (Cl_{50}: 0,03 à 15 mg/l)	- cours et plan d'eau récepteurs	- bassin de rétention (pour favoriser dégradation)	- 0,2 mg/L (règ. Eau potable, MEF) - 20 µg/kg/j (EPA)
	- métaux lourds (Al, cd,cu, zn, Pb, fe, ni, etc	- toxicité variable pour les organismes aquatiques	- cours et plan d'eau récepteurs	- bassin de traitement	- 5 µg/L (cd), 0,5 mg/l (Pb) (règ. Eau potable, MEF) Al < 0,1 mg/l (prévenir alzeimer)
	- diminution ph (acide sulfurique	- toxicité pour plusieurs organismes aquatique	- cours et plan d'eau récepteurs	- prévenir l'oxydation du minerai sulfuré	- ph 6,5 à 9,5 (directive sur les mines, MEF)
Émissions solides ou dans les sols	- morts-terrains	- esthétisme (possibilité de poussières dans l'atmosphère)	- site et périmètre	- entreposage adéquat	- loi sur les mines et directive sur les mines (MEF)
	- stériles et résidus miniers	- esthétisme (possibilité de cyanure et métaux lourds dans l'eau)	- site, périmètre et voisinage	- entreposage adéquat, prévenir l'oxydation du minerai sulfuré	- idem
Nuisances	- poussières	- salubrité, esthétisme	- site, périmètre et voisinage	recouvrement, abat-poussières	
	- bruit (sources mobiles et fixes)	- salubrité	- site, périmètre et voisinage	- zone-tampon	- L_{eq} 45dB(A) 8h la nuit et 50 dB le jour

Impacts indirects ou autre exposition					

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique	- voir «cyanures» et «métaux lourds»	- travailleurs	- occasionnel	- rapports morbidité/ mortalité, csst	
	- blessures, décès				
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- problèmes respiratoires divers	- travailleurs, voisinage	- rare	- plaintes, dosages particules atmosphériques	
Émissions liquides ou dans l'eau	- faiblesse, céphalés, tachycardie, décès	- voisinage, consommateurs d'eau contaminée	- très rare	- concentration de cyanures totaux dans effluents miniers et cours d'eau récepteurs	- gossels et bricker (1994); ocde (1994) - gossels et bricker (1994
	- manifestations toxiques diverses	- voisinage, consommateurs d'eau contaminée	- très rare	- dosage des métaux lourds dans les effluents miniers et cours d'eau	
	- aucun	- N.A.	- N.A.	- N.A.	
Émissions solides ou dans les sols	- aucun - voir cyanures et métaux lourds dans l'eau	- N.A.	- N.A.	- N.A.	
Nuisances	- hygiène, infections	- travailleurs, voisinage	- rare à occasionnel	- plaintes	
Impacts indirects ou autre exposition					

Sources :

AMC et industrie Canada (1995) Les métaux et les minéraux dans la vie des canadiens. L'association minière du Canada, ministère de l'industrie (Gouvernement du Canada), 35p.

AMQ (1996) Bilan environnemental 1993-1995. Association minière du Québec, 23p.

Anonyme (1991) Normes d'effluents basées sur la technologie pour les secteurs des mines et de la métallurgie. Produit par le laboratoire écosag (le groupe lmb) pour le ministère de l'environnement, Gouvernement du Québec, 48p. (+ annexes).

Canada (1996) État de l'environnement au Canada. Gouvernement du Canada, 820p. (chapitre 11).

Chevalier, P. (1995) Gestion de l'environnement en milieux urbain et industriel. Presses de l'Université du Québec, 577p.

Chevalier, P. (1996) Technologies d'assainissement et prévention de la pollution. Presses de l'Université du Québec, 440p.

Environnement Canada (1987) Le traitement des eaux usées provenant de l'exploitatiion des mines et de la préparation du minerai. Ministère de l'environnement, Gouvernement du Canada, 92p.

Gauthier, B. (1993) Un modèle du développement durable appliqué aux industries minières du Québec. Ministère de l'environnement et de la faune, Gouvernement du Québec (document non publié), 94p.

Gossels, T.A. et J. D. Bricker (1994) Principles Of Clinical Toxicology. Raven Press, 3ème édition, New York, 447p.

Grenier, M. et L. Blais-Leroux (1997) L'industrie minérale au Québec (1996). Ministère des Ressources naturelles, Gouvernement du Québec, 119p.

MEF (1992) État de l'environnement au Québec, 1992. Ministère de l'environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, Les éditions Guérin, 560p.

OCDE (1994) Industries extractives et transformation des minéraux dans les pays en développement : impact sur l'environnement, réponses des entreprises et politiques nationales. Organisation de coopération et de développement économique, Paris, 103p.

Vachon, A. (1990) Guide des règles de l'art dans la gestion optimale des rejets miniers. Le groupe Roche (Québec), 71p.

Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 7 de 11

Agriculture

Perspective canadienne

Malgré sa superficie totale, seulement 11% de la superficie du Canada a un potentiel agricole et moins de 5% sont réellement propices à l'agriculture. Malgré cela, l'agriculture et le secteur agroalimentaire jouent un rôle important dans l'économie du pays, ayant contribué pour 23,8 milliards de dollars au PIB canadien en 1993. De plus, le Canada est un exportateur net de produits agricoles, la valeur des exportations ayant été de 14 milliards de dollars en 1994. Les principaux secteurs agricoles producteurs de biens au Canada sont celui des viandes (bovins, porcs, veaux et agneaux) ainsi que celui des grains et oléagineux (blé, blé dur, orge, lin, colza, soja, maïs).

Depuis quelques décennies, l'agriculture canadienne a été transformée par diverses forces. Ainsi, les terres sont occupées par un nombre sans cesse décroissant d'exploitations agricoles (un peu plus de 700 000 en 1941 et un peu moins de 300 000 en 1991) de plus en plus grandes (environ 50 ha en 1941 comparativement à 250 ha en 1991). Ce contexte a engendré des transformations importantes qui sont à l'origine de l'industrialisation agricole. Un exemple de ce phénomène est celui des porcheries hors sol dans lesquelles on trouve plusieurs milliers d'animaux.

L'agriculture québécoise

L'agriculture québécoise s'est transformée nettement après la Seconde guerre mondiale. On a alors assisté à la spécialisation régionale au Canada (production de céréales dans l'ouest, production laitière et maraîchère dans l'est). De plus, une crise agricole dans les années cinquante a provoqué la disparition progressive de l'agriculture traditionnelle, phénomène qui s'est poursuivi pendant quatre décennies et se poursuit encore de nos jours. Cette phase de transition vers l'agriculture industrielle, qui se manifeste par la spécialisation régionale, la mécanisation et l'utilisation grandissante de fertilisants et de pesticides, s'est également traduite par une forte diminution du nombre de fermes et une utilisation plus intensive des meilleurs sols alors que ceux comportant de graves limitations étaient abandonnés. La dernière étape de cette phase, qui s'est amorcée au milieu des années 1980, est la prise de conscience environnementale du monde agricole.

Le Québec possède 6,4 millions d'hectares de sols cultivables, mais seulement 2,3 millions ont un bon potentiel agricole (sols de classes 1 à 3). La plus importante concentration de ces sols, soit environ un million d'hectares, est située dans les basses-terres du St-Laurent. C'est également dans cette région que l'on observe les plus importantes agressions agricoles envers l'environnement.

Les productions animales dominent le paysage québécois, avec 70% des quelques 46000 producteurs que comptent le Québec qui s'y consacrent, alors que les 30% restant

se spécialisent dans les productions végétales. La production laitière est le plus important secteur d'activité agricole au Québec, avec 33% de tous les producteurs qui en vivent. Viennent ensuite la production de bovins et de veaux de boucherie (21%), la production de céréales et de protéagineux (soya, colza) avec 9,7%, puis celle des fruits et légumes (7,5%). La production porcine (6,8%) est suivie de près par la production acéricole (6,4%). Les autres productions (chevaux, volailles, fourrages, etc.) occupent chacune moins de 5% de l'activité agricole. En 1996 les recettes de l'ensemble des productions animales et végétales ont été de 4,6 milliards de dollars, dont 20% provenaient des productions végétales et 66% des productions animales (le reste provient des paiements gouvernementaux et de productions diverses non classées).

En termes monétaires, la situation se présente cependant différemment. En effet, la production laitière domine le secteur agricole (35 % des recettes avec 1,4 milliards $), alors que la production porcine occupe le deuxième rang avec 18% des revenus (730 millions $). L'aviculture (11% des revenus pour 470 millions $) et la production bovine (9%, 360 millions $) viennent respectivement au 3ème et 4ème rang, suivies de la production de légumes, à l'exception de la pomme de terre, (6%, 228 millions $) et de la production de maïs-grain (6%, 221 millions $).

En 1995, les activités agricoles directes (excluant la pêche et la transformation bioalimentaire) représentaient 1,1% du produit intérieur brut (PIB) du Québec avec un PIB sectoriel de 1,8 milliards $. En aval de la production agricole, la transformation des aliments et boissons générait un PIB sectoriel de 3 milliards $. L'emploi agricole représente 2,1% de la main-d'œuvre québécoise avec quelques 67 600 personnes ayant un travail directement lié à l'agriculture. En incluant la transformation bioalimentaire, c'est 47 000 emplois de plus.

Il faut également souligner en terminant l'importance politique de l'agriculture en milieu rural. Le monde agricole se regroupe dans différents organismes, dont le plus important est l'union des producteurs agricoles (UPA). Cette organisation, de type syndical, est vouée à la défense et à la promotion des intérêts professionnels, économiques et sociaux de ses membres. Elle regroupe 50 000 producteurs et chapeaute 16 fédérations régionales et 21 fédérations spécialisées. Chaque fédération regroupe tous les syndicats de base et spécialisés. L'upa est aussi un puissant outil de lobby auprès des gouvernements et, à plusieurs reprises, elle a fait des revendications au nom de ses membres.

Sources :

Canada (1996) État de l'environnement au Canada. Gouvernement du Canada, 820p.

Chevalier, P. (1993) Gestion des ressources renouvelables : secteurs agricoles et forestier. Presses de l'Université du Québec, 558p.

Dionne, S., S. Picard et N. Lafrance (1997) Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec (édition 1996). Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Gouvernement du Québec, 83p.

FCA (1994) L'agriculture au Canada. Fédération canadienne de l'Agriculture, Ottawa, 32p.

Guillot, P., N. Morin et N. Lafrance (1997) Bottin statistique de l'alimentation (édition 1996). Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Gouvernement du Québec, 59p.

MAPAQ (1995) Chiffres clés du Québec bioalimentaire. Dépliant produit par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Gouvernement du Québec.

Statistique Canada. 1996.

La production porcine et la santé

Portrait socio-économique

L'élevage porcin a été dénoncé comme étant l'une des activités agricoles les plus polluantes. Du fait de l'accroissement de cette activité au cours des vingt dernières d'années, les problèmes environnementaux ont augmenté, au point de créer des situations d'affrontement dans plusieurs municipalités rurales.

La croissance de l'élevage porcin a connu un essor fulgurant à la fin des années 1970 comme l'indiquent les chiffres qui suivent. En 1961, on comptait un peu plus de un million de porcs au Québec (1,114 m), nombre qui est resté relativement stable pendant 17 ans[13]. La très forte croissance s'est produite à compter de 1977 alors que le nombre d'animaux est passé de 1,076 m en 1977 à 1,792 m en 1978 et 2,760 m en 1979. Le nombre de têtes est passé à plus de 3 millions en 1980 pour atteindre un sommet en 1983 avec 3,104 bêtes. Cette forte croissance a découlé d'une situation économique favorable et d'une forte incitation gouvernementale qui s'est manifestée pas plusieurs incitatifs financiers favorisant la construction de porcheries.

---

[13] Les chiffres correspondent au nombre d'animaux vivants à une date donnée, habituellement le 1er juillet. Ce nombre est inférieur au nombre de bêtes abattus en une année, la durée de vie d'un animal destiné à la boucherie n'étant que de quelques mois.

La récession du début des années 1980 et une stabilisation de la demande ont fait que le nombre de porcs est demeuré stable jusqu'en 1990 (3,055 M de bêtes). Une nouvelle croissance s'est manifesté à compter de 1991, bien qu'elle fut beaucoup plus faible que celle de 1977-1980. En 1995, il y avait au Québec près de 3,4 millions de porcs, dont la plus grande partie (3 millions) étaient des porcs à l'engraissement destinés à l'abattage à l'âge de quelques mois. Le nombre de porcs produits en 1995 était de 5 millions, dont 2 millions étaient destinés à l'exportation.

Au fil des ans, quelques régions du Québec se sont montrées particulièrement propices à l'élevage porcin. Ainsi, la vallée de la rivière Richelieu (incluant la région de St-Hyacinthe) domine la production québécoise (25%), suivie de la Beauce (20%), de la région de Québec, excluant la Beauce (17%), et des Cantons de l'Est (16%).

La contribution de l'industrie porcine à la balance commerciale agro-alimentaire du Québec est importante. En 1995, 730 millions de dollars ont été générés par le secteur porcin, représentant ainsi 18,2% des recettes agricoles totales québécoises; le nombre d'emplois liés directement à cette industrie est évalué à près de 6 000, alors que nombre d'emplois indirects serait de 25 800. L'élevage porcin contribue également à la balance commerciale du Québec, une proportion importante de la production étant exportée. La viande de porc a été le principal produit d'exportation de l'agriculture québécoise en 1996, avec 455 millions de dollars, représentant ainsi 33% des exportations agro-alimentaires de la province. Le japon, les États-Unis et le sud-est asiatique sont les principaux marchés d'exportation. La croissance de l'exportation de viande porcine n'est cependant pas assurée. Ainsi, la crise financière asiatique des années 1997 et 1998 a amené les pays de cette région à limiter leurs importations de viande porcine.

Nature de l'élevage

On qualifie d'industrielles les porcheries de grandes dimensions de type 'hors-sol'. On considère en effet qu'elles pourraient très bien être localisées dans des parcs industriels si on ne tenait pas compte de la nécessité d'épandre le lisier[14] produit par les porcs ou si on pouvait aisément le traiter pour en extraire les valeurs fertilisantes et en disposer plus facilement. Les aliments donnés aux porcs sont constitués de moulées produites industriellement. Dans ce contexte également, une méga-porcherie n'a pas réellement besoin d'être localisée en milieu rural. Annuellement, les porcs québécois produisent un peu plus de 7 millions de m^3 de déjections. Cependant, les porcheries sont opérées dans le contexte d'une régie dite liquide des déjections où les fumiers sont mêlés à l'urine et ne sont pas additionnés de litière (bran de scie, paille, tourbe, etc.). À cause de ce mode de gestion, le volume total de déjections porcines à manipuler annuellement est d'environ 9 millions de mètres cubes.

---

[14] Le lisier comprend l'ensemble des déjections dont la teneur en eau est supérieure à 85-90% et il se présente sous orme liquide. Autrement, on qualifie les déjections de fumiers. Le purin, qu'il ne faut pas confondre avec le lisier, est le liquide s'écoulant du fumier.

Les risques pour la population

Caractère polluant des déjections animales

Les déjections des porcs contiennent des concentrations importantes de microorganismes dont certains sont pathogènes chez l'humain. Elles sont riches en éléments minéraux (azote, phosphore, potassium, etc.) ainsi qu'en matières organiques diverses. Les composés azotés et phosphorés sont des substances nutritives qui favorisent la croissance des algues et des plantes aquatiques alors que la matière organique qui se retrouve dans l'eau utilise une partie importante de l'oxygène et provoque la prolifération de divers micro-organismes. La gestion liquide des déjections est celle qui a le plus de conséquences négatives sur l'environnement et la plus susceptible d'engendrer des odeurs nauséabondes.

La pollution de l'eau

Quatre bassins versants sont principalement touchés par la pollution d'origine agricole liée aux surplus de fumiers ou de lisiers. Ce sont les bassins des rivières yamaska, chaudière, etchemin et l'assomption où l'on retrouve une importante concentration de porcheries. Dans l'ensemble du Québec et à l'échelle de ces quatre bassins versant en particulier, la capacite de support des sols à recevoir l'azote et le phosphore provenant des déjections animales est dépassée de façon importante. Ainsi, pour le Québec, le pourcentage de couverture des besoins des cultures en azote, fournis par ces deux sources est de 133% et de 167% pour le phosphore. En ce qui concerne les besoins en azote, le pourcentage de couverture pour le bassin de la yamaska est de 144%, de la chaudière de 267%, de l'etchemin de 252% et de l'assomption de 176%. Pour le phosphore, les besoins sont couverts pour les mêmes bassins versants respectivement à 285%, 220%, 265% et 280%. En 1996, selon les calculs du cpvq, les superficies requises pour épandre le phosphore et l'azote des fumiers, toujours pour ces quatre bassins versants, étaient insuffisantes dans un ordre de grandeur variant de 2 à 5 fois.

La rivière Yamaska est l'une des plus polluée au Québec. L'industrialisation, les égouts municipaux et l'agriculture sont responsable de l'état de la rivière. Entre 1975 et 1988, la quantité de nitrate dans l'eau de la rivière s'est accrue de 100%. En ce qui concerne l'industrie porcine, on peut mentionner qu'il existe plus de 1 000 citernes à lisier sur le territoire, ce qui atteste de l'importance de cette activité. On compte actuellement environ un million de porcs dans ce bassin versant.

La qualité des eaux de la rivière Chaudière s'est particulièrement dégradé depuis 1960. Déjà en 1985, ce bassin versant devait supporter un nombre d'animaux par hectare pouvant atteindre 300% des limites acceptables. On compte plusieurs centaines d'exploitations qui ont des surplus dé déjections animales, dont 90% est du lisier de porc. La superficie de sol manquant pour l'épandage du lisier de porc et du fumier de bovin est

évaluée à quelque 50 000 hectares. Il y aurait environ 650 000 porcs dans ce bassin versant.

La rivière Etchemin, qui possède un faible débit, est fortement polluée sur l'ensemble de son cours, que ce soit par la pollution d'origine microbienne, par la matière organique ou les substances nutritives. On compte quelque 300 000 porcs dans le bassin versant de cette rivière.

La qualité des eaux de la rivière l'Assomption est généralement bonne dans son secteur amont, mais elle devient rapidement mauvaise en aval de certains tributaires comme les rivières Saint-Esprit et de l'Achigan qui traversent des territoires agricoles. L'élevage porcin a été identifié comme étant une importante source de pollution, avec près de 250000 têtes.

La pollution de l'eau provient habituellement de la non étanchéité des fosses d'entreposage et d'un épandage inadéquat (surfertilisation). L'eau de surface et la nappe phréatique peuvent être polluées. Dans le premier cas, il en résulte une insalubrité notable lorsque la pollution est importante. À cet égard, on doit noter la difficulté supplémentaire pour produire de l'eau potable. La présence d'une importante quantité de matière organique fraîche, en plus de produire des trihalométhanes, nuit au bon fonctionnement des systèmes de filtration de l'eau. Enfin, la présence d'azote, sous forme de nitrates/nitrites, dans l'eau souterraine peut engendrer une méthémoglobinémie dans des cas extrêmes, surtout si on utilise des fertilisants de synthèse en plus des lisiers et des fumiers.

Pollution de nature inorganique

La concentration d'azote total du lisier de porc est de 3 500 mg/L et celle de phosphore de 2 500 mg/l. La richesse nutritive s'explique notamment par le fait que jusqu'à 70% du contenu azoté des aliments (moulées) consommés par les animaux peut être perdu, soit par gaspillage, soit à cause d'une digestion incomplète.

L'azote ammoniacal (sous forme de HN_3 ou de NH_4^+) est une composante importante des fumiers et des lisiers. À titre d'exemple, un porc à l'engraissement excrète environ 24 g d'azote par jour (sous formes inorganique et organique) et 7 g de phosphore comparativement à 10 g et 2 g chez l'humain[15]. On pourrait imager cette charge polluante en mentionnant que les déjections des 6,9 millions de québécois produisent 6 900 kg d'azote par jour alors que les trois millions de porcs en génèrent 7 200 kg.

Pollution de nature organique : les micro-organismes

[15] Il s'agit ici d'une moyenne arithmétique, les valeurs variant pour chaque classe de porc à l'engraissement (20- 42 kg, 42-70 kg, etc.)

La concentration de micro-organismes dans le lisier est élevée, variant habituellement entre 10 et 100 millions par ml. Les principaux risques pour la santé humaine dus à la présence de micro-organismes pathogènes présents dans le lisier de porc sont les entérites bactériennes à *Salmonella* sp, *Campylobacter* sp et *Yersinia enterolitica*. D'autre bactéries, comme *escherichia coli*, des parasites tel *cryptosporidium* sp et des virus peuvent aussi être impliqués. On sait également que les bactéries du genre *listeria* sont très fréquente dans les excrémenrts du porc. Les données actuelles ne permettent cependant qu'une évaluation partielle de l'ampleur du problème. Parmi les maladies à déclaration obligatoire, on sait qu'il y a eu au Québec, en 1995, plusieurs milliers de cas d'infection à *campylobacter*, de salmonelloses et de gastro-entérites à *yersinia enterolitica*. On croit cependant que le nombre de cas recensés est bien inférieure à la réalité et, de plus, on ignore la plupart du temps l'origine de l'infection.

En ce qui concerne les éclosions de maladies infectieuses d'origine hydrique, l'analyse des données de la région Chaudière-Appalaches, une des plus vulnérables à la pollution agricole, montre toutefois qu'entre 1989 à 1995 cinq éclosions de gastro-entérite ayant touché 247 personnes ont été reliées possiblement à des activités agricoles. Ces cas n'ont cependant pas été associés spécifiquement à la production porcine. Cependant, le fait que l'origine de la contamination reste inconnu dans plus de 40% des épidémies recensées au Québec laisse suffisamment de possibilité pour que d'autres éclosions soient causées par la pollution agricole diffuse.

La matière organique

La matière organique présente dans l'eau de surface traitée par les usines de production d'eau potable peut être d'origine naturelle ou être générée par l'ensemble des activités humaines. On reconnaît cependant qu'en milieu rural, ou semi-rural, l'élevage animal constitue une source importante de pollution de l'eau par la matière organique.
Au Québec, on retrouve de nombreux élevages porcins dans des bassins versants dont l'eau sert à l'approvisionnement de villes relativement importantes; parmi ces rivières, citons la Saint-François, la Yamaska, la Richelieu et la l'Assomptioin. La demande biochimique en oxygène du lisier est très forte, étant de 40 000 mg/l, soit 250 fois plus élevée qu'une eau usée urbaine typique.de plus, on peut raisonnablement croire qu'il y a formation de sous-produits de la chloration dans les usines de traitement des eaux, avec les risques qui en découlent pour la santé publique.

Formation de sous-produits de la chloration

La désinfection chlorée de l'eau potable permet une importante réduction des maladies infectieuses d'origine hydrique. Cependant, le traitement au chlore d'une eau contenant de grandes quantités de matière organique engendre la formation secondaire de substances toxiques, comme des trihalométhanes (THM), des acides acétiques

halogénés (ANH), des acétonitriles halogénés (ANH), des picrines, des aldéhydes et des phénols. Les THM, principalement le chloroforme, sont les principales substances étudiées et on a longtemps cru qu'elles étaient les plus importantes en termes de risques pour la santé. On sait maintenant que ce n'est pas toujours le cas; ainsi, le furanone halogénée (MX), bien que présent à de faibles concentrations (de l'ordre de quelques dizaines de nanogrammes par litre), serait responsable de 40 à 60% du pouvoir mutagène de l'eau potable. Bien que les relations de cause à effet soient difficiles à établir, on croit qu'il existerait une association significative positive entre l'ingestion d'eau chlorée pendant de nombreuses années et l'apparition de cancers de la vessie.

La meilleure manière de prévenir la pollution de l'eau par le lisier est de s'assurer de l'étanchéité des fosses et de respecter des règles strictes lors de l'épandage afin d'éviter le ruissellement du lisier vers les cours d'eau. Toutefois, même le respect des règles de l'art est inutile dans le cas de la surfertilisation qui provoque une sursaturation du sol en éléments nutritifs. Dans ce contexte, la mise en application sur les fermes d'un plan agroenvironnemental de fertilisation tel que prescrit par le *règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* (1997) devrait notamment permettre de résoudre un certain nombre de problèmes de surfertilisation.

Les odeurs

L'augmentation des odeurs provenant des élevages au cours des trente dernières années au Québec a été très importante, principalement à cause de la transition de la gestion des fumiers de la forme solide à liquide et ce principalement en production porcine. C'est ainsi que les odeurs en provenance des bâtiments et de l'entreposage du lisier de porc a augmenté de 5,2 fois de 1961 à 1995 alors que l'augmentation provenant des épandage est estimée à 8,2 fois.

Les odeurs liées à la production animale, peuvent provenir de plus de 75 composés divers. Les déjections constituent sans équivoque la principale source de composés malodorants qui proviennent de l'activité microbienne intestinale et de leur fermentation ultérieure, généralement anaérobie. Théoriquement ce type de fermentation mène à la production de méthane et de gaz carbonique (deux gaz à effet de serre), mais la méthanisation est habituellement incomplète, ce qui provoque l'apparition de composés malodorants comme les acides gras volatils et les composés soufrés (H_2S, CH_3SH - [méthylmercaptan], CH_3SCH_3 [diméthylsulfure]).

Le lisier entreposé produit un minimum d'odeurs, mais dès qu'il est agité il y a libération de composés volatils. Conséquemment, le plus fort dégagement se fait pendant la reprise du lisier entreposé, le transport et l'épandage.

Les problèmes de pollution de l'air associés à la production porcine originent d'abord du bâtiment d'élevage (animaux, lisier entreposé), mais l'épandage est une importante source de nuisance olfactive. On suggère l'utilisation d'épandeurs qui évitent de disperser et d'atomiser le lisier; il existe des systèmes qui dispersent le lisier très près du sol et

même l'y incorporent. Quant aux odeurs provenant du bâtiment d'élevage, on suggère de modifier le régime alimentaire des animaux, de biofiltrer l'air avant son évacuation ainsi que d'utiliser des désodorisants. De nouvelles techniques d'élevage comme l'utilisation de litière biomaîtrisée sont également suggérées. L'utilisation de la litière biomaîtrisée consiste à élever les animaux sur une litière de quelques 70 cm d'épaisseur dans laquelle l'activation des micro-organismes permet un compostage sur place, diminuant la formation d'odeurs et tuant les micro-organismes pathogènes.

Les risques pour les travailleurs

L'exposition constante à l'air intérieur d'une porcherie est susceptible d'occasionner un certain nombre de problèmes respiratoires aigus et chroniques chez les personnes qui travaillent dans ce milieu. Les travailleurs sont souvent victimes d'irritation des muqueuses des voies respiratoires et des yeux, de bronchite chronique et d'asthme. On estime en fait que l'air des porcheries est 1 200 fois plus chargé en micro-organismes que l'air ambiant. La composition microbienne de l'air des porcheries est bien connue. On y retrouve en plus grand nombre (10^5 à 10^7 ufc par mètre cube d'air) des bactéries gram positives comme le *Staphylococcus* sp., le *Micrococcus* sp. et le *Bacillus* sp. Il appert cependant que les problèmes respiratoires sont d'avantage reliés à des bactéries gram négatives comme l'*Acinetobacter calcoaceticus*, le *Flavobacterium* sp., le *Pseudomonas* sp. et le *Serratia marcescens*, principalement par l'effet de leur endotoxine. Chez les travailleurs du porc, la fréquence de la bronchite chronique est très élevée, de 15 à 40 % selon les études. L'athsme professionnel constitue aussi une affection importante et oblige souvent les personnes atteintes à quitter ce milieu. Ces problèmes respiratoires sont principalement liés aux concentrations élevées de poussières, de gaz et de microorganismes dans l'air des bâtiments. Par ailleurs, la présence de moisissures dans l'air est responsable d'atteintes comme le syndrome toxique d'exposition aux poussières organiques et, moins fréquemment, de l'alvéolite allergique extrinsèque ou poumon du fermier dont le principal agent causal est *Saccharospora rectivirgula* (auparavant *Micropolispora faeni*).

Enfin, certaines zoonoses peuvent affecter les travailleurs de porcheries. L'érysipéloïde (*Erysipelothrix rhusiopathiae*) est une maladie cutanée qui, bien que bénigne, survient assez souvent chez les travailleurs du porc. Cette infection, causée par un streptocoque, est caractérisée par une lésion cutanée douloureuse entourée d'un bourrelet tuméfié. Les travailleurs sont également susceptibles d'être atteints par *Yersinia enterolitica* responsable d'une infection entérique et qui pourrait être relié à une fréquence accrue d'appendicite. Les travailleurs de porcheries peuvent aussi être atteints de maladies entériques dûes à *Salmonella* sp et *Campylobacter* sp. Plus rarement, *Streptococcus suis* peut entrainer une atteinte systémique sévère se manifestant par une méningite, une pneumonie une endocardite ou de l'arthrite. Les risques de contracter la leptospirose, la tuberculose ou la brucellose sont plutôt faibles puisque ces maladies sont généralement bien contrôlées chez les animaux.

Une intoxication aux gaz de fumier qui survient principalement lors d'activités dans les préfosses à lisier menace aussi les producteurs de porcs et leurs employés. L'hydrogène sulfuré (H_2S) est le gaz le plus souvent responsable des intoxications. La moitié des intoxications importantes aux gaz de fumier sont mortelles.

Impact psycho-social

L'implantation de grandes porcheries et l'épandage massif de lisier de porc soulève actuellement des problèmes au Québec en raison de la présence d'odeurs nauséabondes qui porteraient atteinte à la qualité de vie des gens vivant dans le voisinage. Récemment des analyses complémentaires ont été réalisées sur les données existantes de l'*Enquête sociale et de santé du Québec 1992-93*, sous le volet de la détresse psychologique en rapport avec les densités élevées de production porcine (Pampalon 1997). Les résultats démontrent une augmentation significative de la détresse psychologique élevée (passant de 20,8% à 34,3%) dans les municipalités à haute concentration d'élevage porcin (20 000 porcs et plus) à la période printemps/été comparativement à l'automne/hiver. L'épandage du lisier pourrait être responsable de cette réaction. Les auteurs signalent cependant que ces résultats ne permettent pas d'établir de relation de cause à effet entre l'activité porcine et la détresse psychologique. Ils considèrent néanmoins l'hypothèse assez sérieuse pour justifier que l'on mène une analyse plus approfondie des données ou encore mieux une étude spécifique sur cette question.

Secteur: agriculture
Activité: élevage porcin à grande échelle

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	-incendie, explosion	- dépôts, fumées destruction	- site et périmètre	- recouvrement, captage	-?
	- bris de fosse à lisier	- pollution du sol et de l'eau	- site, périmètre, voisinage	- colmatage, réparation	installation de regards témoins
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- méthane, n_2o	- effet de serre	- planétaire	- captage	- aucune
	-bactéries et endotoxines *Acinetobacter, Flavobacterium, Pseudomonas Serratia*	- pollution	- site	- méthodes d'élevage	- aucune
	- moisissures et actinomycètes:	-contamination de l'air intér. des bâtiments	- site	-ventilation	- aucune
Émissions liquides ou dans l'eau	- éléments nutritifs (azote, phosphore)	eutrophication, croissance algues (voir plus bas)	- voisinage et communauté	- fosse à lisier étanche, zone-tampon lors d'épandage	- NO^{3-}+NO^{3-}:10 mi/L (q-2, règ eau potable); p: aucune norme
	- composés organiques	- ↑ dbo, anoxie du milieu aquatique	- eaux réceptrices	- idem à ci-haut +élevage sur litière biomaîtrisée	- 3 à 7 mg/l[5] (critères MEF pour prise eau brute); 350 µg/L pour THM (q-2 règ. sur eau potable[6]
	- matières en suspension	- pollution, salubrité	- eaux réceptrices	- idem à ci-haut	- q-2, règ. idem à ci-haut
	- micro-organismes: Salmonella sp. Campylobactersper sinia enterolit. Escherichia c. Cryptosporidium sp	- pollution, salubrité	- eaux réceptrices	- idem à ci-haut +élevage sur litière biomaîtrisé	- coli fécaux: 0 coliformes totaux: 10/100 ml
	- microalge: *Microcystis*	pollution, salubrité	- eaux recevant éléments nutritifs (n et p)	- charbon activé et ozonation pour eau potable	- microcystine: 1,5 µg/l (Santé Canada)
Émissions solides ou dans les sols					
Nuisances	Odeurs	- salubrité	- voisinage et communauté	zone-tampon; biofiltration air du bâtiment; aération lisier; méthodes d'élevage	- règlements municipaux - directive relative à la question de odeurs en milieu agricole
Impacts indirects ou autre exposition	- inhalation de gaz lourds soufrés dans la pré-fosse	- N.A..	- N.A..	- éviter descente dans pré-fosse sans équipement respiratoire	- règlement relatif à l'entrée en espace clos,csst? (applicable aux employés seulement)
	- dévalorisation, dévaluation et conflit social	- valeur économique peut décliner	- voisinage, communauté, et région	- communication compensation	

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique	irritations respiratoires, brûlures, décès	- travailleurs	- rare	- rapport d'incendie, morbidité, mortalité	
	- insalubrité	- voisinage	- rare à occationnel		
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- changements climatiques - problèmes respiratoires divers; zoonoses diverses - alvéolite allergique -stepo	- planétaire - travailleurs - travailleurs - travailleurs	- fréquent -fréquent -occasionnel - rare à occasionnel -rare à occasionne -fréquent	- émissions atmosphériques de ch_4 et n_2o - présence de bactéries gram - dans air de la porcherie - présence de spores de moisissures et d'actinomycètes	- jacques (1992) Cormier *et al* (1990) Zejda *et al* (1994) - cormier *et al* (1990)
Émissions liquides ou dans l'eau	- méthémoglobinémie si concentration N trop élevée		- très rare	- symptômes apparents: problèmes respiratoires, cyanose...	Levallois *et al (1994)* Laferrière (1996) Levallois (1997) Laferrière (1996) + Laferrière *et al* (1996) Anonyme (1995) + références internet (voir texte)
	- insalubrité + formation possible de trihalométhanes (thm) cancérigènes: vessie, colon	- consommateurs (surtout nourissons) eau souterraine polluée	- fréquent	- dbo de l'eau de surface	
	- insalubrité	- consommateurs et utilisateurs eau polluée	- inconnue	- dosage trihalométhanes dans eau potable	
	- gastro-entérites, infections muqueuses et peau	- utilisateurs eau polluée	- fréquent	- dosage des mes dans l'eau	
	- toxicité hépatique, pouvoir tumoral potentiel	- consommateurs et utilisateurs eau polluée	- rare à occasionnel	- énumération micro-organismes indicateurs/pathogène	

		- consommateurs eau polluée	- inconnue	- détection microalgue et dosage microcystines dans l'eau	
Émissions solides ou dans les sols					
Nuisances	stress, problèmes psychiques, insomnies et nausées dans cas extrêmes	voisinage et communauté	occasionnel à très fréquent	- acides gras volatils, composés soufrés, - plaintes, études de perception	- gingras (1996) - gingras et gosselin (1997) - msss (1996) - pampalon et légaré (1997)
Impacts indirects ou autre exposition	- intoxication, décès	- travailleurs	-occasionnel	- détection gaz lourds dans pré-fosse - rapport enquête csst,santé publique - rôle d'évaluation, études de perception	Cse,cdsp, msss (1997)
	- qualité de vie stress	- voisinage, communauté, région	- très fréquent		

Sources :

Anonyme (1995) Microcystines et eau potable. BISE (Bulletin d'information en santé environnementale), 6(6) : p. 7.

BSQ (1961 à 1990) Statistiquess agricoles, nombre de porcs au Québec. Bureau de la statistique du Québec, plusieurs numéros de 1961 à 1990.

Buelna, G., P. Caouette et S. Pigeon (1993) Désodorisation des lisiers : étude comparative des principales technologies existantes à l'aide des bilans et selon une approche intégrée. Sciences et techniques de l'eau, 26(4) : 243-252.

Chevalier, P. (1993) Gestion des ressources renouvelables; secteurs agricole et forestier. Presses de l'Université du Québec, 558p.

Comité de santé environnementale du Québec, conseil des directeurs de santé publique du Québec, Ministère de la Santé et des Services Sociaux du Québec, 1997. Hydrogène sulfuré. Document d'appui à une définition d'une intoxication et d'une exposition significative (version de consultation). 18 p. et annexes.

Cormier, Y., Tremblay, G., Mériaux, A., Brochu, G., et J. Lavoie, 1990. Airborne Microbial Contents In Two Types Of Swine Confinement Buildings In Québec. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 52 (7) : 271-9

CPVQ (1982) Rapport du colloque sur les fumiers. Conseil des productions végétales du Québec, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Gouvernement du Québec, 83p.

Daigneault, R. (1997) Importantes étapes franchies dans la réforme du droit environnemental en matière agricole. In vivo (bulletin de l'Association des biologistes du Québec), 17(4) : 12-13.

Dionne, S. S. Picard, N. Lafrance (1997) Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Gouvernement du Québec, 83p.

Gingras, B. et P. Gosselin (1997) Avis concernant la proposition de principes généraux relatifs à la gestion des odeurs, du bruit et des poussières en milieu agricole, dans le cadre de la loi modifiant la loi sur la protection du territoire agricole et d'autres dispositions législatives afin de favoriser la protection des activités agricoles. Comité de santé environnementale du Québec, 19p.

Gingras, B. (1996) Les odeurs reliées aux activités agricoles. BISE (Bulletin d'information en santé environnementale), 7(5) : 1-5.

Gingras B, 1995. Tous les métiers de la terre. L'environnement de la ferme laitière familiale; l'exposition des personnes aux contaminants. 455 p.

Guillot, A., N. Morin, N. Lafrance (1997) Bottin statistique de l'alimentation. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Gouvernement du Québec, 59p.

Jacques, A.P. (1992) Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990. Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Canada, 80p.

Laferrière, M. (1996) L'industrie porcine et les risques reliés à la santé humaine. Vecteur environnement, 29(3): 27-31.

Laferrière, M., J.-J. Minville, J. Lavoie et P. Payment (1996) L'industrie porcine et les risques reliés à la santé humaine. BISE (Bulletin d'information en santé environnementale, 7(2) : 1-8.

Laflamme, D. (1995) Qualité des eaux du bassin de la rivière Etchemin, 1979 à 1994. Ministère de l'Environnement du Québec, 43p. + 8 annexes.

Lebeau, A., M. Morisset, J. Nolet (1996) Plan stratégique pour le développement de l'industrie porcine (1996-1998). Groupe de recherche en économie et politique agricoles (GREPA), Université laval, 104p.

Levallois, P. (1997) Qualité de l'eau potable et trihalométhanes. BISE (Bulletin d'information en santé environnementale), 8(6) : 1-4.

Levallois, P et D. Phaneuf, 1994. La contamination de l'eau potable par les nitrates : analyse des risques pour la santé. Revue canadienne de santé publique, 85(3) : 192-6

MAPAQ (1997) Conférence sur l'agriculture et l'agro-alimentaire québécois; document de référence Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Gouvernement du Québec, 73p.

Martin, G. et P. Laffort (1991) Odeurs et désodorisation dans l'environnement. Tech & Doc Lavoisier, Paris, 452p.

MEF (1996) Document de réflexion sur la capacité des sols du territoire québécois à supporter les élevages. Document de travail, ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, 32p.

MSSS (1996) Les risques pour la santé publique d'un développement non contrôlé de la production porcine au Québec. Direction générale de la santé publique, ministère de la Santé et des Services Sociaux, Gouvernement du Québec, 11p.

Pampalon, R. et G. Légaré (1997) Détresse psychologique chez les résidents de municipalités productrices de porcs au Québec. Comité de santé environnementale du Québec, 3p.

Primeau, A. et Y. Grimard (1990) Rivière Yamaska, 1975-1988, volume I; description du bassin versant et qualité du milieu aquatique. Ministère de l'Environnement du Québec, 136p. + 10 annexes.

Robert, L. (1991) La valeur fertilisante des déjections animales. Agriculture, 48(1) : 22-29.

Simoneau, M. (1991) Qualité des eaux du bassin de la rivière Chaudière 1976 - 1988. Ministère de l'Environnement du Québec, 207p. + 9 annexes

Simoneau, M. et Y. Grimard (1989) Qualité des eaux du bassin de la rivière l'Assomption. Ministère de l'Environnement du Québec, 234p.

Vallée, P., G. Parent et M-F. Blais (1991) La gestion des fumiers et l'environnement. Agriculture, 48(1) : 15-21.

Zejda, J.E., Barber, E., Dosman, J.A., Olenchock, S.A., McDuffie, H.H., RhodeS,C., Hurst,T, (1994). Respiratory Health Status In Swine Producers Related To Endotoxin Exposure In The Presence Of Low Dust Levels. Jour. Occup. Med.; 36 (1) 49-56

Sources Internet :

National Cancer Center, New Liver Tumor Promoters, The Cyanobacterial Cyclicpeptide Toxins Microcystins and Nodularin:
http://www.ncc.go.jp/annrep92/acts/11can.html

Santé Canada, Federal-Provincial Subcommitee On Drinking Water, 21st meeting (Ottawa, 12-13 mai 1997):
http://www.hc-sc.gc.ca/datahpb/dataehd/english/bch/water_quality/subcommittee_21.htm

The microcystins: **http://luff.latrobe.edu.au/~botbml/mictox.html**

Épandage de pesticides en pomoculture

Généralités sur les pesticides

L'industrialisation agricole a stimulé l'emploi de divers pesticides de synthèse. La monoculture agricole sur de grandes superficies (notamment celle des céréales et du maïs) a rendu nécessaire l'emploi des pesticides afin de protéger les cultures contre les insectes et les champignons, mais aussi pour lutter contre la végétation compétitrice dont la vitesse de croissance est habituellement supérieure à celle des plantes cultivées. L'utilisation massive de ces composés s'explique par le fait que, à l'échelle planétaire, les pertes agricoles peuvent être causées par quelque 8 000 espèces de champignons, 10 000 espèces d'insectes et 2 000 espèces de mauvaises herbes.

Il existe des centaines d'ingrédients actifs (matière première) susceptibles d'être utilisés à titre d'herbicides, d'insecticides, de fongicides et de rodenticides beaucoup de formulations commerciales sont des mélanges de plusieurs pesticides. Au 19ème siècle et au début du 20ème, on utilisait surtout des substances inorganiques comme le sulfate de cuivre, les sels arsenicaux et les huiles minérales dont la toxicité pouvait être foudroyante tant pour les organismes visées qu'envers les humains. Toutefois, après la Deuxième Guerre mondiale, apparaît le DDT, un insecticide organochloré qui allait devenir célèbre, tant par son efficacité que par sa toxicité et sa persistance environnementale.

L'emploi des pesticides dans les pays industrialisés s'est généralement accru constamment depuis 1945 jusqu'au début des années 1990. Depuis quelques années, on assiste à un plafonnement, sinon à une légère diminution de l'emploi agricole de ces substances dans plusieurs pays développés.

Ainsi, au Québec on a vendu un peu plus de trois millions de kilogrammes d'ingrédients actifs de pesticides en 1995, comparativement à 3,6 millions en 1992, ce qui représente une baisse de 15% en trois ans. Cependant, pour des raisons méthodologiques, on ne peut affirmer s'il s'agit d'une tendance réelle à la baisse; un suivi à plus long terme sera donc nécessaire pour le confirmer. Les herbicides sont les pesticides les plus vendus, avec 56% du marché, suivis des insecticides (16%) et des fongicides (11,5%). En termes de groupes chimiques, ce sont les carbamates (insecticides et fongicides) qui sont les plus vendus (14% du marché), suivis de près par des herbicides populaires comme les amides, acétamides et anilines (14%) les triazines et triazoles (11,8%) et les aryloxyacides (10,9%).

Au Québec, les exploitants agricoles achètent un peu plus de 78% de tous les pesticides vendus, suivis du secteur domestique (11%). Les utilisations industrielles, forestières ainsi qu'en aménagement paysager occupent chacune moins de 5% du marché.

La pomoculture au Québec

Les vergers couvrent, au Québec, une superficie d'environ 8 900 hectares, soit un peu plus de 0,5% de la surface consacrée aux cultures végétales. Il s'agit d'une superficie qui dépasse celles des cultures maraîchères (sur une base individuelle), mais qui est inférieure à celle des grandes cultures (par exemple, le maïs-grain avec 280 000 ha, l'orge avec 130 000 ha, etc.). Par ailleurs, puisque 1800 producteurs se partagent cette superficie, cela indique une surface moyenne de 5 hectares par propriétaire; il s'agit bien souvent de vergers familiaux qui sont exploités d'une génération à l'autre.

Le plus grand nombre de pommiers (1,3 millions d'arbres) est constitué de pommiers semi-nains, suivit des pommiers nains (982 000 arbres) et des pommiers standards (604 000 arbres). La pomme McIntosh représente 76% de la production (56 000 tonnes en 1995); au deuxième rang se situe la Cortland (16,5%), puis la pomme Empire (5%) et la Spartan (5%).

Pesticides et pomoculture

La culture de la pomme est soumise à de nombreux aléas abiotiques ou biotiques. Dans le premier cas, on peut mentionner qu'un dégel hivernal prolongé suivit d'un gel rapide et important ou encore une importante tempête de verglas, peuvent causer des pertes irrémédiables, certains petits vergers ayant été presque entièrement détruits à cause de cela. Par ailleurs, une quinzaine d'espèces d'insectes peuvent s'attaquer aux pommiers, la plus importante étant la mouche de la pomme. Environ 10% de tous les insecticides utilisés au Québec, toutes cibles confondues, est d'ailleurs employé pour lutter contre cet insecte qui creuse des galeries dans le fruit. Un peu plus de 7% de tous les insecticides employés le sont contre le charançon de la prune qui s'alimente des bourgeons, des nouvelles feuilles et des jeunes pommes. Un autre insecte qui s'attaque aux pommiers, le tétranyque rouge du pommier, reçoit une attention particulière puisque environ 6,5% de tous les insecticides utilisés en agriculture au Québec sont dirigé contre lui.

Bien qu'une quinzaine d'insecticides soient recommandés dans les vergers au Québec, les principaux produits utilisés sont l'azinphos-méthyl, le diméthoate (des organophosphorés) ainsi que l'huile minérale insecticide. D'autres organophosphorés, comme le diazinon et le chlorpyrifos sont également utilisés et ils ont été détectés dans l'environnement immédiat de certains vergers. On fait en moyenne 3 à 4 traitements d'insecticides par année dans un verger. À noter qu'on doit éviter d'épandre ces substances durant la floraison à cause des insectes pollinisateurs qui sont responsables de la fertilisation des fleurs.

Malgré l'importance des insectes ravageurs en pomoculture, environ 70% des pesticides épandus sont des fongicides (30% étant des insecticides). La cible principale des fongicides est la tavelure, un champignon qui cause des dommages

surtout esthétiques, sortes de gales sur la pelure des fruits. De longues périodes pluvieuses, chaudes et humides accentuent le problème. On comprend l'importance de l'emploi des fongicides quant on sait que 7 à 16 traitements de ces substances sont appliqués annuellement dans un verger type. Les principales matières actives employées sont le captane, le myclobutanil (un triazole) et le mancozèbe(un dithiocarbamate).

Aux traitements d'insecticides et de fongicides, on ajoute 2 à 3 traitements d'acaricides. La quantité globale de pesticides employée en pomoculture est donc très importante; à titre de comparaison on peut mentionner que la quantité de pesticides employés dans cette culture est de 30 kg d'ingrédients actifs par hectare, comparativement à 3 kg i.a./ha pour le maïs.

Les études québécoises sur la présence de résidus de pesticides dans les régions de culture de la pomme et leurs effets sur la santé ont surtout porté sur les insecticides organophosphorés. Bien que la persistence environnementale de ces substances soit beaucoup plus faible que celle des organochlorés (on parle de demie-vies de quelques jours à quelques semaines, comparativement à des années dans le cas des substances chlorées), leur toxicité aiguë est beaucoup plus élevée, phénomène qui assure leur efficacité. Les organophosphorés agissent surtout par contact, contre l'insecte visé, en inhibant la cholinestérase, un neurotransmetteur qui régule la quantité d'acétylcholine impliquée dans la transmission de l'influx nerveux.

En ce qui concerne les fongicides, le plus employé est le mancozèbe. Quant au captane et au myclobutanil, leur toxicité aiguë pour les mammifères est généralement inférieure à celle des organophosphorés. Le captan est tooutefois considéré comme mutagène et tératogène; il est également probablement cancérigène.

Résidus après épandages

Les études effectuées au Québec indiquent la présence de résidus de pesticides dans l'air dans des concentrations appréciables dans les 6 à 12 heures suivant leur application; des concentrations de plus de 2 mg/m^3 ont été notées pour des organophosphorés. En ce qui concerne la présence au sol, la concentration la plus élevée détectée a été de 1,7 mg/cm^2. Les personnes les plus exposées sont les pomiculteurs et leurs familles ainsi que les personnes vivant dans le voisinage immédiat, soit dans un périmètre de moins de 30 mètres des vergers traités. À cet égard, il faut souligner que l'accroissement des activités de villégiatures en milieu rural est susceptible d'augmenter le nombre de personnes potentiellement exposées aux résidus de pesticides.

Toxicité potentielle

Selon une étude réalisée au Québec en 1996, les concentrations environnementales d'organophosphorés détectées sont cependant insuffisantes pour induire une toxicité aiguë ou chronique. Le dosage des alkylphosphates (dérivé servant à mesurer la présence d'organophosphorés dans l'organisme humain) dans l'urine des personnes exposées a mis en évidence des charges corporelles de l'ordre de dix fois inférieures au NOEL. On a conclu que le risque d'altération de la santé des personnes directement exposées et de la population du voisinage était faible. Seul une exposition importante lors de la manipulation des ingrédients actifs concentrés et l'absence de mesures de protection lors de l'application, pourrait induire une intoxication aiguë se manifestant notamment par divers problèmes neurologiques et digestifs. Ces conclusions ne peuvent cependant pas être appliquées aux autres catégories de pesticides utilisés dans les vergers.

Secteur: agriculture
Activité: pulvérisation de pesticides dans les vergers

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	- incendie entrepot de pesticide	- destruction, contamination	- site et périmètre	- recouvrement, captage et confinement. Plan d'urgence	-aucune
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- insecticides organo-phosphorés[7]	-pollution de l'air par dérive aérienne; surtout dans le sens du vent	- site et périmètre (jusqu' à 30 m de la zone traitée	- éviter période de nidification et de pollinisation	- 0,2 mg/m³ pour contact cutané (NIOSH)
	- fongicides[8]	- pollution de l'air par dérive aérienne.	- site et périmètre	- éviter période de nidification et de pollinisation	- aucune
Émissions liquides ou dans l'eau	- insecticides organo-phosphorés	perturbation vie aquatique. Toxicité peut être très élevée (ex: 3 µg/l pour truite arc-en-ciel	- eau de sur face du site et périmètre	- éviter périodes pluvieuses, zone-tampon	- 0,07 µg/l pour azinphos-méthyl (critère mef pour prise eau brute) - 0,03 mg/kg/d (dose sécuritaire expo. professionnelle (EXTOXNET)
	- fongicides	-toxicité élevée: 56 µg/l pour truite et saumon	-eau de surface et soouterraine du site et périmètre	- éviter période pluvieuse, zone tampon	- 15 µg/l pour captane (critères Mef et env Canada pour eau brute) 0,13mg/kg/j
Émissions solides ou dans les sols	- insecticides organo-phosphorés (voir note 3)	- pollution du sol et nappe phréatique	- site et périmètre (jusqu' à 30 m de la zone traitée	- aucune	- aucune
	- fongicides (voir note 4)	- pollution du sol nappe phréatique	- site et périmètre	- aucune	- aucune
Nuisances	Odeurs	- qualité de vie, stress	- voisinage	- zone tampon	- aucune
	Bruits (pulvérisations)	- qualité de vie, stress	- voisinage	- pulvérisateurs moins bruyants	- aucune
Impacts indirects ou autre exposition	- déversement accidentel pesticides (concentrés)	- contamination, destruction	habituellementsur le site	- captage, nettoyage, décontamination - prévention	

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique	blessures, intoxication, brûlures, décès	travailleurs, pompiers, voisinage	rare	rapport sur morbidité, mortalité	
Émissions gazeuses ou atmosphériques	-effets cholinergiques ± intenses selon l'importance de l'exposition	- travailleurs et enfants des producteurs	-rare à occasionnel	- mesures alkylphophates dans urine:5,3 mg/g créatinine ' noael travailleurs 2,2 mg/g créatinine ' noael enfants	Boudreault *et al* (1997) MEF (1997) Keifer (1997) EXTOXNET (référence Internet)
	- captane: dermatite allergies, potentiellement cancérigène, tératogène et mutagène.	- travailleurs et enfants des producteurs	- inconnue	-???	
Émissions liquides ou dans l'eau	- idem à ci-haut	- consommateurs eau de surface contaminée	- inconnue	- idem à ci-haut	Boudreault *et al* (1997) Giroux (1997) Environnement canada, recommandations pour la qualité des eaux au Canada (pour le captane) Keifer (1997)
	- idem à ci-haut Noael: 12,5 mg/kg /d (rats) pour le captane	- consommateurs eau de surface contaminée	- inconnue	-???	
Émissions solides ou dans les sols	- idem à ci-haut	- consommateurs eau souterraine	- inconnue	- N.A..	MEF (1997)
	- idem à ci-haut	- consommateurs eau souterraine	- inconnue	- N.A	
Nuisances	- stress, inquiétude pour la santé	- voisinage,	- rare à fréquent	- plaintes, études de perception	- étude exploratoire sur exposition aux organophosphorés et risques pour la santé, DSP Montérégie, 1997
	- qualité de vie, dérangement	- voisinage	- rare	- plaintes	
Impacts indirects ou autre exposition	- aigus: vision trouble, douleurs estomac nausée,perte conscience chroniques:	- manipulateurs de solutions concentrées	- rare	- rapport médical, sécurité publique	-Guide «Pesticides et agriculture; bon sens, bonnes pratiques (MEF, MSSS, MAPAQ, UPA) Keifer (1997)

	névro-pathie, troubles divers du snc				

Sources :

Boudreault, D., D. Belleville et G. Carrier (1997) L'épandage d'insecticides dans les vergers en Montérégie. BISE (Bulletin d'information en santé environnementale), 8(4) : 1-3.

Chagnon, M., A. Payette (1990) Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-écosystèmes québécois, Tome 1. Ministère de l'Environnement et de la Faune, centre québécois de valorisation de la biomasse, 81p.

Chevalier, P. (1993) Gestion des ressources renouvelables : secteurs agricole et forestiers. Presses de l'Université du Québec, 558p.

Dionne, S., S. Picard et N. Lafrance (1997) Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec (édition 1996). Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Gouvernement du Québec, 83p.

Extoxnet: http://ace.ace.orst.edu/info/extoxnet/pips/ghindex.html

MAPAQ, MEF et MSSS (1996) Pesticides et agriculture. Les Publications du Québec, Gouvernement du Québec, 60p.

Giroux, L. (1997) Suivi environnemental des pesticides dans des régions de vergers. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, ___p.

Grégoire, F. (1997) Bilan des ventes de pesticides au Québec en 1995. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, 88p.

Keifer ,M.C, éditeur (1997) Human Health Effects Of Pesticides. Occupational Medicine: State Of The Art Reviews, 12(2) 203-411p.

Lowenhertz, C., R.A. Fenske, N.J. Simcox, G. Bellamy et D Kalman (1997) Biological Monitoring Of Organophosphorus Pesticide Exposure Among Children Of Agricultural Workers In Central Washington State. Environment Health Perspective, 105: 1344-1353.

MEF (1997) Étude exploratoire sur la présence de pesticides dans l'air ambiant et au sol à proximité des vergers, région de la Montégérie. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, ___p.

Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 8 de 11

Gestion des matières résiduelles

La gestion des déchets domestiques est devenue l'un des problèmes environnementaux les plus importants de cette fin de siècle, que ce soit dans les pays industrialisés ou en développement. Dans les pays industrialisés, c'est au lendemain de la seconde guerre mondiale que la réduction du cycle de vie des biens de consommation et l'utilisation effrénée des richesses naturelle ont provoqué l'accroissement du prélèvement de ressources naturelles pour produire de nouveaux objets de consommation. La réduction à la source, la réutilisation, le recyclage et la valorisation (les 3R-V) sont évidemment des approches qui permettront de réduire le prélèvement de ressources naturelles tout en diminuant également le recours à l'enfouissement sanitaire ainsi qu'à l'incinération, deux modes de gestion polluants qui sont actuellement privilégiés dans les sociétés industrielles.

Perspective canadienne

Le Canada est l'un des plus gros producteurs de déchets solides urbains, engendrant un peu plus de 1 000 kilogrammes de rebuts par personne annuellement (incluant les déchets commerciaux et de construction). La composition typique d'un sac de déchets urbains au Canada est la suivante : papier et cartons, entre 25 et 40% du poids; matière organique putrescible ou résidus verts, entre 20 et 35%; verre, environ 10%; plastiques, environ 8%; métaux, entre 5 et 12%.

Au Canada, en 1992, 83% de cette masse de déchets urbains a été éliminée, dont 78% par enfouissement et 5% par incinération. Le 17% restant a été recyclé ou composté, ce qui représente une amélioration notable comparativement à la valeur de 1988 qui était de 6%. Une partie de cette amélioration est notamment attribuable à l'application de mesures préconisées par le conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) qui visait à réduire de 50% la masse de déchets avant la fin du siècle. En plus de favoriser la récupération à l'échelle municipale, les mesures ont également porté sur l'emballage dont l'élimination a été réduite de 21% entre 1988 et 1993. Mentionnons finalement que les coûts annuels d'élimination des déchets, comprenant la collecte et le transport, sont évalués à plus de 3 milliards de dollars (chiffre de 1995), ce qui exclut les coûts environnementaux et sociaux (externalités négatives) associés à cette perte de ressources.

Source :

Environnement Canada (1996) l'état de l'environnement au Canada, partie III, chapitre 12. Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Canada.

Perspective québécoise

La situation québécoise est semblable à la situation canadienne en ce qui concerne la masse et la composition des déchets générés. Par ailleurs, selon les données de Recyc-Québec, le secteur industriel et commercial recycle environ 35% de ses résidus, proportion qui diminue toutefois à 17% pour le secteur domestique. Les matières non récupérées sont éliminées à plus de 95% dans 553 lieux d'enfouissement, le reste étant dirigé vers les 3 incinérateurs qui restent actuellement en opération. Malgré l'existence du Règlement sur les déchets solides (datant de 1978) plusieurs lieux d'enfouissement ne sont pas encore conformes aux normes et l'on compte encore dépotoirs dont l'existence est tout à fait illégale. Depuis l'adoption, en 1995, de la *loi sur l'établissement et l'agrandissement de certains lieux d'élimination de déchets*, tous les projets d'élimination doivent être soumis à la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement. Il faut également mentionner que le rapport de la commission sur la gestion des matières résiduelles au Québec, déposé en 1997, redéfinissait la gestion des résidus en faisant notamment la promotion des 3R-V. Malgré cela, le ministère de l'environnement et de la faune n'a pas encore traduit en politique gouvernementale les recommandations de ce rapport.

L'évaluation environnementale des projets de gestion des résidus

Les impacts environnementaux de la gestion des déchets dépendent de la nature et de la quantité des déchets à traiter, du lieu et de la technique d'élimination. L'évaluation environnementale doit aussi prendre en considération les paramètres environnementaux du site, les conditions climatiques et estimer le pire scénario de dispersion des polluants environnementaux envers une population réelle ou potentielle. La santé publique représente généralement l'enjeu majeur des évaluations environnementales des projets de gestion de résidus.

Par ailleurs, les projets de récupération, de réutilisation, de recyclage et de compostage ne font pas l'objet d'une évaluation d'impacts environnementaux, ni les projets de collecte sélective. Les seuls projets mettant en cause une forme de récupération de matières résiduelles qui ont été évalués au Québec ont été la cogénération ou la valorisation à des fins énergétiques de déchets comme les résidus forestiers ou cellulosiques, des résidus dangereux organiques, des pneus et des huiles usées. Il s'agit le plus souvent de procédés d'incinération utilisés à des fins énergétiques par des génératrices et des cimenteries.

Sources :

BAPE (1997) Déchets d'hier, ressources de demain. Rapport de la commission sur la gestion des matières résiduelles au Québec, 477p. + annexes.

BAPE (1990) Les déchets dangereux au Québec. Rapport de la commission d'enquête sur les déchets dangereux, les publications du Québec, 491p.

Comité de santé environnementale (1993) mieux vivre avec nos déchets. La gestion des déchets solides municipaux et la santé publique, 138p.

Loi portant sur l'interdiction d'établir ou d'agrandir certains lieux d'élimination des déchets (1995, c. 60)

Loi sur l'établissement et l'agrandissement de certains lieux d'élimination de déchets (L.R.Q., C E-13.1)

MEF (1995) pour une gestion durable et responsable de nos matières résiduelles. Document de consultation publique, Ministère de l'Environnement et de la Faune, 52p.

Règlement sur les déchets solides; R.R.Q., 1981, cQ-2, R.14

L'enfouissement

Tel que mentionné précédemment, l'enfouissement est le mode de gestion des déchets solides le plus commun au Québec, 95% de la masse de résidus étant enfoui. Le règlement de 1978 oblige à faire de 'l'enfouissement sanitaire', une technique qui doit atténuer la pollution, de l'eau et de l'air. Malgré cela, il existe encore de nombreux dépotoirs, où diverses matières sont enfouies sans égard aux conséquences environnementales et qui sont opérés sans aucun contrôle. Rappelons ici que le principe de l'enfouissement sanitaire est simple : il s'agit d'entasser les ordures dans un lieu donné. Cela peut se faire en surélévation ('montagne' de déchets), en tranchée (on creuse un trou que l'on rempli ensuite en couches successives de déchets et de matériel inerte et granulaire comme de la terre) ou en carrière (une carrière désaffectée est remplie de déchets; la majorité des déchets de la Ville de Montréal sont enfouis dans l'ancienne carrière Miron désaffectée depuis le début des années 1970). Précisons que les dépôts de matériaux secs sont tous des carrières désafectées.

Pollution de l'eau

Le lixiviat, parfois appelé lessivat, percolat ou encore 'jus de dépotoir' désigne le liquide aqueux issu des résidus de leur biodégradation et de la percolation des eaux au travers des déchets. Cette eau se charge alors de micro-organismes ainsi que de substances inorganiques et organiques. La composition du lixiviat est difficile à déterminer *a priori* car elle dépend de plusieurs facteurs comme la composition des déchets, le volume d'eau, le mode d'exploitation du lieu d'enfouissement, l'épaisseur de la couche de déchets, etc. Une expérience menée à partir des eaux de percolation d'un lieu d'enfouissement sanitaire québécois a mis en évidence une DBO de quelque 3 600 mg/L, une concentration en

matières en suspension de l'ordre de 150 mg/L et des concentrations en coliformes totaux variant entre 1 800 et deux millions par décilitre (100 mL)

Les conditions hydrogéologiques locales et les techniques de confinement ou d'étanchéité sont donc des déterminants majeurs en ce qui concerne les risques pour l'environnement et la santé. Les eaux de surface et de la nappe phréatique risquent d'être polluées et peuvent constituer un risque pour ceux qui les utiliseraient. Un lieu d'enfouissement en élévation sans contrôle et localisé près d'un cours d'eau représente un risque considérable pour la qualité de l'eau. Il existe ainsi certains petits cours d'eau dont la couleur témoigne de l'existence d'une pollution certaine. Quant à l'eau souterraine, il faut bien connaître les caractéristiques de la nappe phréatique et la nature géologique du sol pour estimer les impacts potentiels.

Il s'avère essentiel de récupérer et de traiter le lixiviat afin de prévenir la contamination de l'eau. L'imperméabilisation d'un nouveau lieu d'enfouissement est donc requise et le pompage du lixiviat vers une station de traitement des eaux s'avère indispensable. Mentionnons ici que la réglementation existante ne prévoit que le respect de certains critères chimiques et microbiologiques du lixiviat avant son rejet dans l'environnement (Q-2, r. 14, a. 30). Il faut signaler qu'aucune disposition réglementaire n'existe quant à la nécessité d'effectuer une évaluation des effets écotoxicologiques globaux d'un lixiviat, dans un contexte où des tests validés sont maintenant utilisables.

Pollution de l'air

Le biogaz est la source de pollution atmosphérique engendrée par les lieux d'enfouissement sanitaire (l'incinération des déchets en plein air est normalement interdite bien qu'elle soit tolérée en milieu nordique). Le biogaz est un sous-produit d'un lieu d'enfouissement et il provient de la décomposition anaérobie des matières organique par divers micro-organismes. Cette décomposition forme diverses substances organiques volatiles; le biogaz typique comprend entre 45% et 60% de méthane (CH_4), entre 35 et 50% de CO_2), le reste étant constitué d'azote, de divers gaz ainsi que de composés organiques volatils (COV) et soufrés en général assez malodorants. Le biogaz peut également être explosif, à cause de la présence méthane. En effet, la pression du biogaz au sein de la masse de déchets le force vers la surface par des chenaux d'écoulement préférentiels. Le recouvrement étanche d'un lieu d'enfouissement ou le compactage peuvent induire une migration latérale vers divers lieux clos, tels des sous-sols de bâtiments. À noter que très concentré, le biogaz peut être asphyxiant.

Le California Air Ressources Board et l'EPA ont caractérisé les biogaz dans plusieurs lieux d'enfouissement. Leurs études ont révélé que, outre le risque d'asphyxie ou d'explosion lié à la présence de méthane, les COV représentent un risque non négligeable pour la santé. Il faut souligner que des composés cancérigènes comme le benzène et le chlorure de polyvinyle peuvent être présents. Les études de dispersion démontrent quelquefois des

niveaux de risque cancérigène supérieurs au risque acceptable (1×10^5), surtout dans les lieux d'élimination de déchets dangereux.

Les émissions de biogaz ne sont pas réglementées au Québec et le règlement sur les matières dangereuses, en vigueur depuis décembre 1997, en traite peu. Par contre, le gouvernement a fait du captage et du traitement des biogaz une condition de l'autorisation de l'agrandissement du lieu d'enfouissement sanitaire de Lachenaie en 1996.

Secteur: déchets
Activité: enfouissement sanitaire

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	- incendie	fumées/dépôts de poussières	dispersion du panache	recouvrement	interdiction incendies
	- explosion	- destruction	- site et périmètre	- gestion des biogaz, étanchéité du site	recouvrement quotidien non prévu légalement
émissions gazeuses ou atmosphériques	- biogaz .. méthane (ch_4)	- effet de serre	- planétaire	Pour l'ensemble de ces polluants: valorisation énergétique souhaitable	- explosimétrie pour CH_4.
	.. bioxyde de carbone (CO_2)	- effet de serre	- planétaire		- aucune
	.. COV	- pollution par l'ozone au sol	- locale et régionale		- aucune
Émissions liquides ou dans l'eau	- lixiviat DBO, DCO	pour l'ensemble des polluants: perturbation de la vie aquatique, pollution des eaux de surface et souterraines	local jusqu'à plusieurs kilomètres	-déchets solides: migration/résurgence <300m/5 ans -déchets dangereux: membranes variées selon vitesse de migration	captage et traitement des lixiviats pour l'atteinte des normes de rejets
	.. hydrocarbures divers				
	.. métaux lourds				
	.. microorganismes divers				
Émissions solides ou dans les sols	- résidus volants	- esthétique	- périmètre air/sol	- clôture pare-papier, recouvrement journalier, réduction des manipulations de déchets	- hauteur de 3 m à 20 m du site d'enfouissement - aspergillus < 10 000 ufc - extermination
	- moisissures	- insalubrité	- communauté		
	- vermine	- insalubrité	- communauté		
Nuisances	- bruit	- insalubrité -	voisinage et communauté	- zone-tampon	- 10m (largeur de zone-tampon); 20 cm de terre pour le recouvrement
	- odeurs	- insalubrité		- zone-tampon et recouvrement journalier	
Impacts indirects ou autre exposition	dévaluation et dévalorisation monétaire	économique	communauté	compensation monétaire et sociale, communication	évaluation des impacts (Q-2, section IV.1)

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique	- irritation respiratoire, asphyxie, brûlures	voisinage et travailleurs	- élevée	- rapports d'incendies et de blessures -	http//:www.cfe.cornell.edu/wrni/ Usepa (1988) Q-2, r. 14 a 59
	- traumatismes, décès		- 31 cas aux usa de 1967 à 1987	morbidité/ mortalité explosimétrie	
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- asphyxie, blessures	voisinage et travailleurs (surtout en espace clos)	- occasionnel (voisins), élevée (travailleurs)	-explosimétrie (<1,25% par vol.)	Ccme (1989) Comité de santé environnementale (1993) California Air Ressource Board
	changements climatiques pour ch_4 et Co_2			- co_2 atmosphérique	
	- cancer		- très faible	- dosage benzène et dichloroéthane et COV totaux	
Émissions liquides ou dans l'eau	insalubrité, intoxication aigüe ou chronique; effets cancérigènes, tératogènes ou mutagènes possibles	consommateurs de l'eau contaminée, baigneurs; les personnes vulnérables sont surtout les enfants	intoxication aigüe: rare intoxication chronique: peu connue	suivi des divers polluants dans l'eau de lixiviation ainsi que dans les eaux naturelles réceptrices	- world bank (1991) - american j. of preventive medicine 7(6): 352-362 (1991) - q-2, r. 14 a. 29-30, décret 1310-97, a.3
Émissions solides ou dans les sols	- qualité de vie, hygiène	Pour l'ensemble de ces polluants: voisinage et communauté	- très élevée	- plaintes	Lavoie et marchand (1997) Q-2, r. 14, a. 35 Q-2, r. 14, a. 42
	- infections, allergies		- élevée	- aspergillus < 10 000 ufc	
	- propagations de maladies diverses		- très faible à faible	- épidémies, inspections	
Nuisances	- qualité du sommeil	voisinage et communauté	- très élevée	- l_{eq} 8h nuit 45 db(a)	Létourneau, m., le bruit communautaire, Mef, 39p. - gingras, b. (1997), BISE 7(5) 1-3
	- stress		- très élevée	- plaintes/ perception	
Impacts indirects ou autre exposition	évaluation/impôt foncier, stress individuel et collectif	voisinage et communauté	occasionnel à très élevé	suivi de l'évaluation foncière, études de perception	-impacts psychosociaux inhérents à l'exploitation d'un les, dsp, Rrsss estrie, oct 94

					- archives of environmental health 50(2): 95-102

Sources :

Briggs, J.L. et J.W. Hughes (1990) Using Risk-Based Algorithms In A Landfill Risk Analysis. Waste Age, March 1990: 32-4, 146

California Air Ressources Board (1989) The Landfill Gas Testing Program: A Second Report To California Legislative. Stationnary Source Division, Sacramento, CA, Pagination Multiple.

Comité de santé environnementale (1993) Mieux vivre avec nos déchets. La gestion des déchets solides municipaux et la santé publique, 138p.

Drouin, L., N. Richer et M. Goldberg (1992) Risques associés au biogaz des sites d'enfouissement sanitaire. Conférence au 4ème colloque en santé environnementale, octobre 1992, Québec, 24p.

Environnement Canada (1996) L'état de l'environnement au Canada, partie III, chapitre 12. Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Canada.

EPA(1991) Air Emissions From Municipal Solid Waste Landfill. Background Information For Proposed Standards And Guidelines. Environmental Protection Agency, Report N° EPA/450/3-90/011a, 544p.

Frigon, J.C., J.L. Bisaillon, L. Paquette et R. Beaupré (1992) Caractérisation et traitement du lixiviat d'un lieu d'enfouissement sanitaire. Sciences et techniques de l'eau, novembre, p. 469-474.

Lavoie, J. et G. Marchand (1997) Détermination des caractéristiques à considérer d'un point de vue de santé et sécurité des travailleurs dans les centres de compostage des déchets domestiques. Institut de recherche en santé et sécurité au travail, R-159 (juin 1997), 37p.

MEF (1995) Pour une gestion durable et responsable de nos matières résiduelles. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, 52p. + annexes.

Poulsen, O.M. *et al* (1995) Sorting And Recycling Of Domestic Value; Review Of Occupational Health Problem And Their Possible Causes. The Science Of The Total Environment, 168: 33-56.

Règlement sur les déchets solides; R.R.Q., 1981, cQ-2, r.14

Van Collie, R. *et al* (1990) Integrated Ecotoxicological Evaluation Of Effluents From Dumpsites. Advances In Environmental Science And Technology, Academic Press, New York, 22(12): 161-191.
World Bank (1991) Environmental Assessment Sourcebook. World Bank Technical Paper 140, Volume II: 208-256.

L'incinération

En règle générale, les émissions atmosphériques résultant de l'incinération des déchets sont bien visibles, ce qui soulève l'opinion publique même si moins de 5% des déchets du Québec sont incinérés. La plus grande partie de la masse de déchets incinérés est transformé en bioxyde de carbone et en eau. Le reste, provenant principalement de l'incinération de composés inorganiques, est transformé en cendres qu'il est nécessaire d'enfouir.

Les fumées de combustion comprennent des gaz, des particules et les cendres volantes, ces dernières étant des particules de faible dimension facilement aéroportées et qui pénètrent assez loin dans les voies respiratoires. Les particules et les cendres volantes peuvent être des matières inertes, souvent de la silice, mais aussi des métaux divers qui sont volatilisés. Les métaux cancérigènes, principalement le cadmium et le chrome, constituent généralement les risques les plus importants (risque un peu plus faible que 1×10^{5}, soit moins d'un cas de cancer par 100 000 personnes exposées). Le mercure et le plomb sont des métaux lourds toxiques également libérés en quantité importante.

Sur les particules peuvent se condenser des substances qui ne sont pas complètement brûlées et que l'on retrouve aussi sous forme de gaz dans la fumée. Les composés organiques volatils (COV), les polychlorobiphényles (BPC), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et, surtout, les dioxines et les furannes sont parmi celles que l'on peut identifier dans les fumées d'incinérateurs. Selon la littérature, le risque cancérigène n'est généralemeent pas accru de manière significative pour des incinérateurs qui se conforment aux normes. On estime en effet que l'absorption excédentaire de dioxines et de furannes, dans le pire scénario à proximité de l'incinérateur des Carrières à Montréal, ne représenterait que 5% de l'apport par le 'bruit de fond', essentiellement alimentaire.

Les fumées d'incinérateur comprennent également une multitude d'autre gaz tels le bioxyde de soufre et des composés chlorées. On estime que ces substances ne sont pas susceptibles d'engendrer des effets néfastes sur l'environnement et la santé aux quantités et concentrations normales. Elles s'ajoutent cependant à d'autres polluants qui provoquent

des changements climatiques et détruisent la couche d'ozone et qui sont responsables des précipitations acides ou du smog urbain.

Les déchets solides résultant de l'incinération sont les cendres de grilles, aussi appelées cendres lourdes (non volantes), qui constituent la plus grande partie des résidus solides provenant de l'incinération (95%); elles ne sont généralement pas toxiques et elles sont habituellement dirigées vers des lieux d'enfouissement sanitaire. Par contre, ces cendres concentrent diverses substances représentant un problème, ce qui nécessite une gestion rigoureuse, s'apparentant à celle des déchets dangereux. Dans certains pays on les utilise pour construire des routes ou pour créer divers remblais.

Secteur: déchets
Activité: incinération

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	- incendies et explosions	- pollutions de l'air par fumées, destruction	- air et eau, localement et régionalement	- contrôles techniques, mesures d'urgences, confinement	Ministère de l'environnement, csst Sécurité civile, municipalités
Émissions gazeuses ou atmosphériques	bioxyde de carbone (co)	- effet de serre	- planétaire	- aucune	- engagements de Rio (1992) et kyoto (1997)
	- monoxyde de carbone (co)	- négligeable	- locale	- contrôle de la combustion	- 13 ppm (8h) q-2 règ. qual. atmosph.
	- bioxyde d'azote (no_2)	- précipitations acides, ozone au sol	- locale à continentale	- aucune	- 0,2 ppm (1 h) et 0,1 ppm (24 h), q-2 règ. qual. atmosph.
	- bioxyde de soufre (so_2)	- précipitations acides, smog	- locale à continentale	- épuration des gaz	- 0,5 ppm (1h) et 0,1 ppm (24h), q-2 règ. qual. atmosph
	- chlorure d'hydrogène (hcl)	- acidification du milieu	- locale à régionale	- épuration des gaz	- aucune
	- dioxines, furanes, HAP, benzène	- bioaccumulation dans organismes vivants	- locale à planétaire	- ↑ température de combustion	- 0,5 mg/m³ (TCDD) ccme, 99,99% destruction (EPA)
	- COV	- formation ozone au sol	- locale à régionale	- performance de combustion	-???
	- métaux lourds (Pb, hg, as, cr, Cd)	- contamination de l'eau et du sol	- surtout locale	- épuration des fumées	- aucune
Émissions liquides ou dans l'eau	- eau de lixiviation provenant de l'enfouissement de cendres	- pollution eau de surface et nappe phréatique	- locale et régionale	- étanchéité du lieu d'ensouissement	- résidus d'incinération réglementés par r4, a.6
Émissions solides ou dans les sols	- cendre de volantes et de grilles enfouies	- pollution, surtout par cendres volantes plut toxiques	- site et périmètre	- éviter pertes fugitives (humidifier, confiner)	- aucune
Nuisances	- bruit	impacts négligeables sur l'environnement naturel	- locale	Pour l'ensemble des nuisances: zones tampons, etc.	L_{eq} 45db (nuit)
	- esthétisme		- locale		- aucune
	- odeurs		- locale à régionale		- règlements municipaux

Impacts indirects ou autre exposition	- syndrome pas dans ma cour	dégradation de l'environnement humain	- locale à régionale	- séances d'information, participation publique	- processus d'évaluation environnementale

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique	- traumatismes, blessures, décès;	- travailleurs, voisinage et communauté	- rare	- rapports de morbidité et mortalité, rapports du services des incendies	
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- changements climatiques (blessures décès)	- planétaire	- fréquente	- données géoclimatiques et incidents climatologiques	Carrier *et al* (1991) Lallamme *et al* (1996) Minott (1989) Travis (1989) EPA (1983, 1989) Environnement Canada (1991) CCME (1989)
	- ↑ carboxyhémoglobine (chb)	- travailleurs	- très rare	- concentration de chb sanguine	
	- irritant voies respiratoires	- voisinage	- rare	dosage no_2 atmosphérique	
	- problèmes respiratoires (asthme, bronchite, etc.)	- surtout voisinage	- rare	- épidémiologie des atteintes respiratoires	
	- irritations respiratoires	- voisinage	- très rare	- épidémiologie des atteintes respiratoires	
	- effets cancérigènes, mutagènes et tératogènes potentiels	- travailleurs, résidents sous le panache de dispersion	- 0,3 à 21 cas par 10^6 personnes exposées	- peu d'indicateurs assez sensibles	
	- aucun aux concentrations prévues	- N.A..	- N.A..	- tonnage des émissions atmosphériques	
	- certains cancers (poumon, leucémie) et neurotoxicité	- travailleurs et voisinage (enfants) sous le panache	- rare ou non significatif	- dosage atmosphériques, études épidémiologiques	
Émissions liquides ou dans l'eau	- neurotoxicité, certains cancers possibles	- consommateurs eau potable	- très rare	- qualité des eaux de surface et de la nappe phréatique	
Émissions solides ou dans les sols	- neurotoxicité possible avec le plomb	- surtout les enfants du voisinage	- rare	- présence de plomb dans le sol	
Nuisances	- perturbation du sommeil, stress	- voisinage	- occasionnel	- mesure du bruit L_{eq} (8h), 45 db, nuit	MEF (1993) le bruit communautaire, 39p. Gingras, b. (1997), BISE, 7(5) 1-3
	- qualité de vie	- voisinage	- occasionnel	- études de perception «focus group»	
	- allergie environnementale	- voisinage	- occasionnel	- études de perception évaluation des odeurs	
Impacts indirects ou autre exposition	stress individuel et collectif, conflits pertes économiques	communauté	occasionnel	«focus group», évaluation foncière	http://atsdr1.cdc.gov.8060/atsdrhome.html

Sources :

Blais, F. et J.-L. Sasseville (1997) Analyse technico-économique des procédés de décontamination des boues d'épuration municipales. Vecteur environnement, 30(3) : 25-38.

Carrier, G., L. Lefebvre, M. Beausoleil et M.C. Boivin (1991) Analyse des impacts des émissions de polluants produits pas l'incinérateur des carrières dans l'air ambiant sur la santé de la population. Département de santé communautaire Maisonneuve-Rosemont, 54p.

CCME (1989) Lignes directrices relatives au fonctionnement et aux émissions des incinérateurs de déchets solides urbains. Conseil canadien des ministres de l'environnement, rapport ts/wm-ztre003, 39p.

Comité de santé environnementale (1993) Mieux vivre avec nos déchets. La gestion des déchets solides municipaux et la santé publique, 138p.

Couture, P. et M. Dupont (1997) Histoire de boues. Vecteur environnement, 30(3) : 16-22.

Environnement Canada (1991) Analyse des impacts des émissions de polluants produits par l'incinérateur Des Carrières dans l'air ambiant sur la santé de la population, 27p.

Environnement Canada (1996) L'état de l'environnement au Canada, partie III, chapitre 12. Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Canada.

EPA (1983 et 1989) EPA Hazardous Waste Incineration Guidance Series, vol. I-VI

Laflamme, P. *et al* (1996) Avis sur les risques pour la santé de la population reliés aux émissions atmosphériques de l'incinérateur de la RIGDRSQ. DSPPE Chaudière-Appalaches, 37p.

Minott, D.H.(1989) Comparative Risk Assessment Of Energy-Recovery And Landfill Facilities. Journal Of Ressource Management And Technology, 17(1): 1-8

Règlement sur la qualité de l'atmosphère (R.R.Q., 1981, c.Q-2, section XIX)

Sedman, R.M., J.R. Esparza (1991) Evaluation Of The Public Health Risks Associated With Semivolatile Metal And Dioxin Emissions From Hazardous Waste Incinerators. Environmental Health Perspectives, 94(août), 181p.

Travis, C., S.C. Cook (1989) Hazardous Waste Incineration And Human Health. CRC Press Inc., 154p.

Travis, C., H.R. Hattemer-Frey(1991) Health Effects Of Municipal Waste Incineration. CRC Press, 387p.

Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 9 de 11

Gestion des boues d'épuration d'eaux usées

Valorisation des boues d'épuration provenant des usines de traitement des eaux usées municipales

Les usées municipales

Dans une ville type nord-américaine, le volume moyen d'eau usée engendré varie de 225 à 380 litres par personne par jour. Ce volume s'accroît avec la population de la ville; en effet; le volume moyen inclue les eaux rejetées par les industries et les commerces qui sont plus nombreux dans les grandes villes.

Une eau d'égout municipale ne contient que 0,1% de polluants sous formes matières solides ou de substances chimiques. Près de 70% de ces polluants est de la matière organique et 30% des substances inorganiques. La concentration des matières en suspension (MES), qui regroupe des substances organiques et inorganiques, varie habituellement de 100 à 400 mg/L alors que la demande biologique en oxygène (DBO_5), essentiellement composé de substances organiques, varie elle aussi de 100 à 400 mg/L. Quant à la concentration de phosphore, elle peut atteindre 15 mg/L. S'ajoute à ces polluants, une quantité variable de substances chimiques de synthèse (solvants, pcb, acides, etc.) provenant des industries et des commerces ainsi que de nombreux groupes de micro-organismes, surtout des coliformes, des virus et certains parasites tels les protozoaires et les helminthes. Une partie importante de ces polluants se retrouve ultérieurement dans les boues d'épuration.

Origine des boues d'épuration

Les boues sont engendrées à chacune des étapes de l'assainissement des eaux usées, mais principalement par les traitements primaire et secondaire. À l'étape préliminaire cependant, le prétraitement, l'eau passe au travers de grilles permettant de retirer les déchets de grandes dimensions (plastiques, tissus, bout de bois), avant de passer au dessablage qui provoque la sédimentation des grains de sable et des particules relativement denses. Une étape de déshuilage permet, par flottaison, le retrait des huiles et des corps gras moins denses que l'eau. Le traitement primaire, qui s'effectue essentiellement dans des bassins de décantation, permet de retirer les MES de taille entre 0,05 à 1,0 mm. Le traitement secondaire, aussi appelé traitement biologique, a comme principale fonction de retirer la matière organique non décantable par le traitement primaire. Il existe plusieurs techniques qui reposent essentiellement sur le travail aérobie ou anaérobie de bactéries qui vont métaboliser cette matière organique. Le résultat de cette digestion microbienne est cependant l'accroissement de la masse de micro-organismes qui se retrouve au fond des bassins et constitue une part importante des boues d'épuration. Le volume moyen de boue produite à toutes les étapes est de 150 kg de matières sèches par 1 000 m^3 d'eau usée traitée.

Traitement des boues d'épuration

Une boue fraîche contient généralement plus de 95% d'eau. Cette boue doit cependant être soumise à divers types de traitement visant la réduction de la teneur en eau et la stabilisation.

On réduit la teneur en eau par épaississement et déshydratation. Dans le premier cas, on utilise généralement des épaisseurs mécaniques (à tambour) et des tables d'égouttage. La déshydratation peut se faire par centrifugation, avec des filtres de diverses natures, ou par séchage par voie thermique. On peut ainsi obtenir une boue dont la teneur en eau n'est que de 10%. La plupart des stations d'épuration produisent cependant des boues dont la teneur en eau n'est pas inférieure à 50%, compte tenu des coûts nécessaires pour obtenir une réduction supplémentaire. Il est important de préciser que la concentration des polluants non biologiques s'accroît généralement en fonction de la teneur en matière sèche d'une boue.

La stabilisation vise la réduction du pouvoir fermentescible de la matière organique présente dans la boue brute (non déshydratée) et la réduction de la concentration de micro-organismes pathogènes. La stabilisation peut se faire par digestion microbiologique anaérobie ou aérobie. La matière organique fraîche (protéines, lipides, sucres complexes, etc.) est dégradée en substances organiques simples (acides aminés, acides gras et sucres simples) et ultimement en composée minéraux (nitrates, ammoniac, gaz carbonique, méthane, phosphates, etc.) qui ne permettent pas le développement d'une flore microbienne abondante. La fermentation partielle résultant du compostage des boues permet de réduire la concentration de matières organiques fraîches tout en éliminant la plupart des micro-organismes pathogènes sous l'action de la chaleur si l'élévation de la température est suffisante (entre 55 et 70°C). Une autre forme de stabilisation se fait par voie chimique. Dans ce cas, il n'y a pas de réduction de la matière organique; il s'agit plutôt d'une action bactéricide résultant de l'action de réactifs chimiques, notamment la chaux vive qui augmente le ph et la température.

Origine du risque pour la santé publique

Les risques pour la santé publique découlent d'une utilisation de plus en plus répandue des boues d'épuration comme fertilisants agricoles ou sylvicoles. On prévoit qu'au Québec, en 2000, plus de 180 000 tonnes de boues d'épuration, sous forme de matière sèche, seront générées. La présence d'éléments nutritifs majeurs pour les plantes, comme l'azote et le phosphore, permet une valorisation agricole. De plus, les boues peuvent aussi être utilisées à titre d'amendement organique et calcaire. Il est donc possible d'épandre les boues en milieu sylvicole, notamment dans les pépinières, ainsi que sur certains sols agricoles. Un certain nombre de mesures de sécurité s'imposent cependant; on pourra se référer aux guides de valorisation des boues publiés par le ministère de l'environnement et de la faune pour plus d'information sur les bonnes pratiques à mettre de l'avant.

Composition type d'une boue et risques pour la santé

Il existe une grande variété de substances inorganiques et organique dans une boue typique. Le caractère polluant, et éventuellement toxique et pathogène, dépend cependant de la présence ou non de chacun de ces groupes de polluants, qui sont brièvement décrits dans les paragraphes qui suivent.

Composés inorganiques

Parmi les composés inorganiques usuels se retrouve l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium et l'ensemble des métaux lourds.

La concentration en azote varie entre 1 et 5% de la matière sèche. La plus grande proportion de cet azote est sous forme organique (protéines et acides aminés) avant stabilisation; après stabilisation toutefois, la plus grande part de l'azote résiduel (une proportion significative peut se volatiliser durant le processus) est inorganique, soit sous forme ammoniacale (stabilisation anaérobie) ou de nitrates et de nitrites (stabilisation aérobie). On sait que la présence de ces deux derniers composés représente un risque pour la santé chez les consommateurs d'eau de puits, si leur concentration globale dépasse 10 mg/L. Les risques potentiels, en cas d'ingestion de nitrates ou de nitrites contenus dans l'eau, sont la formation de méthémoglobine dans le sang ainsi que celle de dérivés nitrites et de nitrosamines, ces derniers ayant un potentiel cancérigène bien connu.

Le phosphore total d'une boue représente entre 1 et 4% du poids sec. Il prédomine sous forme inorganique (50 à 75%) tant dans une boue fraîche que stabilisée. Il existe une possibilité de contamination des eaux de surface par le phosphore épandu, mais le risque pour la santé publique est minime, sauf en cas de surfertilisation; dans ce cas, le phosphore est véhiculé par l'eau de surface.

Les éléments comme le potassium, le calcium et le magnésium représentent moins de 1% chacun du poids sec d'une boue. Toutefois, dans le cas d'une boue stabilisée chimiquement pas chaulage, la concentration en calcium peut représenter jusqu'à 25% de la concentration en matière sèche. Ces éléments ne constituent toutefois pas un objet de préoccupation à l'égard de la santé publique.

Les métaux lourds (AL, AS, B, CD, CO, CR, CU, FE, HG, MN, MO NI, PB, SE et ZN) sont en présence variable dans une boue, le manganèse et le cuivre étant toutefois les plus abondants lorsque l'on constitue une boue type en faisant la moyenne de divers échantillons. La présence de ces métaux est surtout attribuable à la présence de rejets industriels ainsi qu'au drainage des eaux pluviales qui lessivent d'abord les rues ainsi que les terrains des commerces et des industries. Les éléments les plus préoccupants, à cause de leur grande toxicité, sont le cadmium, le mercure et le plomb. Trois autres métaux sont considérés comme représentant un risque notable; ce sont le cuivre, le chrome, le nickel et le zinc. Il faut cependant noter que les concentrations de ces métaux dans les boues québécoises sont généralement inférieures à celles considérées comme

dangereuses par l'EPA. De plus, les métaux lourds sont peu mobiles dans le sol et il n'y a pas de contamination détectable de ces substances après l'épandage des boues sur un sol agricole ou forestier. On rapporte cependant un risque de contamination de la faune forestière par le cadmium et le zinc. Certaines études soulignent également le risque de l'aluminium (dans le contexte de son rôle dans la maladie d'Alzeimer), mais les résultats actuels ne sont pas concluants. Le risque lié à la présence de l'aluminium pourrait tooutefois remettre en cause l'ajout de l'alun comme agent de floculation dans le traitement des eaux usées.

Composés organiques

On pourrait, aux fin de cet exposé, diviser la matière organique en substances non toxiques et toxiques. Les composés non toxiques constitue la plus grande proportion de cette matière; cela comprend toute la matière d'origine végétale et animale, soit les protéines, les acides aminés, les sucres et les graisses. Ces substances sont présentes dans les matières fécales ainsi que dans les rejets à l'égout de certains déchets de cuisine et de ceux provenant de l'industrie alimentaire. Les huiles et les graisses provenant de certaines entreprises non alimentaires peuvent aussi entrer dans cette catégorie, mais certaines ont une nature plutôt toxique. Le caractère polluant de ces substances se manifeste par un accroissement de la demande biologique en oxygène (DBO_5) qui réduit considérablement la quantité d'oxygène disponible pour les organismes aquatiques. Dans une boue stabilisée, la quantité de matière organique biodégradable non toxique est réduite par l'action des micro-organismes.

La nature des composés organiques toxiques est très diversifiée et peut comprendre des centaines, voire des milliers de substances. Les groupes les plus représentatifs, dans les boues, sont les suivants : hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), pesticides de toute nature, composés aliphatiques halogénés, BCP, chlorobenzènes, composés organiques volatils (COV), phénols, dioxines et furanes. Les substances dont les concentrations sont supérieures à 10 et même 100 mg/kg dans les boues stabilisées sont les phtalates, des surfactants (notamment des nonylphénol et des alkyl benzène), des chlorobenzènes et quelques HAP. Les phtalates se retrouvent en concentrations très élevées parce qu'ils sont largement utilisés pour la fabrication d'adhésifs, de colles et de lubrifiants. Quant aux surfactants, leur forte concentrations s'explique par leur utilisation dans les détergents à lessive et qu'ils entrent dans la composition de plusieurs produits de nettoyage

Le potentiel cancérigène de certains BCP, HAP, organochlorés et dioxines est bien connu. Toutefois, la concentration de ces composés est habituellement faible et, après épandage, on ne considère pas qu'il existe un véritable risque pour la santé. En ce qui concerne les phtalates et certains surfactants, notamment les nonylphénol, ce ne sont pas des composés très toxiques. Cependant, certaines études tendent à démontrer que ces substances peuvent perturber les cycles hormonaux responsables de la reproduction chez les mammifères et ce, même à de très faibles concentrations. Ces résultats ne sont toutefois pas considérés comme concluants et d'autres études sont nécessaires.

Organismes pathogènes

Les boues d'épuration contiennent de nombreux micro-organismes ayant un potentiel pathogène plus ou moins élevé. Ce sont surtout des parasites, des virus, des bactéries et des champignons.

Les parasites ayant un intérêt du point de vue de la santé publique sont des protozoaires, comme les amibes, *Toxoplasma gondii*, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium* sp. ainsi que des helminthes comme *Ascaris* sp., *Trichuris* sp. et *Taenia* sp. Ces parasites peuvent se retrouver dans les boues sous forme de kystes ou d'œufs dont le nombre peut varier de plusieurs centaines à quelques milliers par kilogramme. Ce nombre s'avère élevé si on considère que l'infectiosité de plusieurs parasites est de l'ordre de 1 kyste à être ingéré (dans le cas de *Giardia* sp). Les œufs et les kystes sont très persistants dans les boues et seul un traitement thermique, à une température d'au moins 70 °C, peut les détruire. Lorsqu'ils se retrouvent dans le sol, après épandage des boues, certains œufs ou kystes peuvent survivre plusieurs années. Les risques pour la santé existent cependant surtout pour les personnes travaillant sur les lieux d'épandage.

Les boues fraîches peuvent contenir jusqu'à 1 000 virus par gramme, un nombre qui peut être réduit par un facteur de 10 après stabilisation de la boue. Plusieurs types de virus sont présents dans une boue d'épuration, mais ceux infectant le système digestif, les virus entériques, se trouvent en plus grande quantité, dont le virus de l'hépatite a. Dans le sol, certains virus peuvent survivre quelques mois dans les premiers 5 à 15 cm du sol. Les virus sont cependant peu mobiles, ce qui limite le risque de contamination de l'eau.

A l'instar des virus, les bactéries les plus présentes dans les boues sont celles d'origine entérique (coliformes, shigelles, vibrio, etc.). S'ajoutent notamment à ces genres, *Streptococcus*, *Clostridium*, *Mycobactérium* et *Listeria*. La présence d'un pathogène donné, comme le genre *salmonella*, est fonction de la prévalence de porteurs sains ou malades au sein d'une population. Le nombre de chacun de ces genres, est variable; ainsi, on peut compter de 10^8 à 10^9 coliformes totaux par gramme de matière sèche alors que les coliformes fécaux sont habituellement au nombre de 10^6 à 10^7/g poids sec. Le nombre de salmonelles varie de 10^2 à 10^3 g/poids sec. Le degré d'infectivité des salmonelles étant cependant très forte (de 1 à 6 cellules), la présence de ces pathogènes est significative. Règle générale, la survie des bactéries dans le sol est de quelques mois; certaines sont partiellement inactivées par une température sous le point de congélation ou une période de sécheresse estivale. On recommande cependant une année complète, sinon minimalement un été, sans utilisation des champs agricoles après épandage de la boue.

Les champignons (levures et moisissures) présents dans les boues d'épuration ont été peu étudiés. On détecte cependant la présence de plusieurs pathogènes comme *Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans* et *Cryptococcus neoformans*. Puisque l'infection humaine se fait par contact direct ou inhalation, les risques pour la santé sont donc surtout présents chez les travailleurs lors de la manipulation des boues dans un contexte de compostage.

Pollution de l'air

Un certain nombre de composés organiques volatils diffusent dans l'atmosphère après l'épandage des boues. Une partie importante de substances comme le benzène, le chloroforme, le toluène, le xylène et le trichloroéthylène se volatilisent dans les 48 heures qui suivent l'épandage des boues. Par contre des substances comme les HAP et les BCP se volatilisent peu. Il faut noter que, règle générale, le niveau de risque pour la santé, associé aux des substances organiques volatiles, dans le contexte de l'épandage des boues, n'a pas été établi; on le croit cependant généralement faible. La présence dans l'air de spores fongiques et bactériens, ainsi que de virus, est un élément qui ne peut pas être négligé, mais le risque existe surtout pour les personnes qui procèdent à l'épandage des boues ou qui circulent sur les lieux traités.

Pollution de l'eau

La plupart des composés organiques présents dans les boues ne migrent pas dans l'eau parce qu'ils sont hydrophobes (ex. : BCP, HAP, organochlorés) et bien adsorbés sur les particules du sol. Le lessivage de certains pesticides et de substances solubles comme les surfactants (nonylphénol) et des chlorobenzènes est cependant plus élevé, mais les risques de contamination de l'eau est jugé peu élevée on non établi pour l'ensemble de la population.

Quant aux métaux lourds, on les détecte dans l'eau, mais en concentrations inférieures à celles jugées préoccupantes. La contamination des eaux de surface et de la nappe phréatique par différentes formes azotés (surtout les nitrates) est un risque réel, surtout si les quantités de boues épandues sont excessives. Le respect des normes d'épandage du ministère de l'environnement permet toutefois de minimiser la pollution des eaux par l'azote. La pollution de l'eau par le phosphore ne constitue par un risque en raison de sa forte rétention dans le sol.

Pollution du sol

La plupart des polluants présents dans la boue d'épuration se retrouvent dans le sol lors de l'épandage. Les polluants se lient, de manière plus ou moins réversible, aux divers composants du sol que sont le sable, le limon et l'humus. La plupart des composés organiques de synthèse, même les plus toxiques comme les dioxines, sont habituellement dégradés par les micro-organismes du sol à plus ou moins brève échéance. En ce qui concerne les surfactants, et compte tenu de leur importante concentration dans la boue, il semble qu'un épandage annuel puisse provoquer une accumulation à long terme; la poursuite des recherches est toutefois requise.

Les métaux ne sont généralement pas métabolisés par les micro-organismes du sol et, s'ils sont non mobiles, ils persisteront dans le sol. Un aspect important quant à la présence

de métaux est leur absorption par les plantes. Il semble cependant que l'absorption végétale est faible et le risque est jugé minime pour les consommateurs de ces plantes.

L'azote et le phosphore sont des éléments nutritifs essentiels aux plantes. Lorsque ces éléments sont présents dans le sol, ils sont normalement absorbés par les végétaux pour leur croissance normale. La présence de ces éléments dans le sol n'est donc pas inquiétante, à moins qu'une concentration excessive entraîne l'azote vers la nappe phréatique.

Finalement, la présence de micro-organismes pathogènes dans le sol n'est pas inquiétante pour la santé publique. La plupart des pathogènes meurent après quelques temps et les formes persistantes (spores, kystes, œufs) demeureront dans le sol; en conséquence, le risque existe pour des personnes qui manipuleraient le sol en question et non pour l'ensemble de la population avoisinante.

Secteur: boues d'épuration
Activité: épandage de boues provenant de stations de traitement des eaux usées municipales

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- COV (surtout benzène, toluène, HAP, chloroforme (trihalométhane-thm), etc.	- pollution, formation smog et ozone au sol (avec no_x)	- périmètre et régionale (pour formation smog et ozone)	- épandage dans le sol plutôt qu'en surface	- benzène: 30mg/m^3 (normes travail qc)[9]
	- spores fongiques (*Aspergillus*, *Candida*, *Cryotococcus* et autres	- pollution, salubrité	- périmètre	- idem à ci-haut, mais peu efficace	- aspergillus: < 10 000 ufc
Émissions liquides ou dans l'eau	- métaux lourds	- toxiques pour organismes aquatiques	Cours d'eau récepteurs. Distance variable en fonction de nombreux paramètres; concentration et solubilité des polluants température, méthode d'épandage, etc.	Respecter bandes de protection des cours d'eau, pente du terrain, ne pas pandre en hiver, stabiliser les boues avant épandage, etc. - dans le cas des micro-organismes, un traitement thermique pré-alable des boues peut être efficace	voir note [10] Al: < 0,1 mg/l (mal. Alzheimer) - thm: 350 µg/l (Q-2. Règ sur eau potable[11] - 3 à 7 mg/l (critère mef pour eau brute à être chlorée - aucune - coli fécaux: 0 coliformes totaux: 10/100 ml (q-2 règ. eau potable)
	- composés organiques de synthèse: surtout surfactants (nonylphénol), chlorophénols, thm	- perturbateurs de la reproduction (surfactants) cancérigènes thm			
	- composés organiques dégradables (protéines, acides aminés, etc.)	- diminution de l'oxygène dissous dans l'eau			
	- œufs et kystes de parasites: *giardia*, *Toxoplasma*, *cryptosporidium*, *taenia*	- salubrité			
	- bactéries entériques: *salmonella*, *Shigella*, *vibrio*	- salubrité			

	- virus entériques				
Émissions solides ou dans les sols	- métaux lourds	Pollution du sol, salubrité	Habituellement sur le site, la plupart de ces polluants étant peu mobiles	Ne pas épandre trop souvent des boues sur un même site.	- voir note 2
	- composés organiques lourds ou hydrophobes (bpc, Hap, dioxines, etc.)	L'étendue de la pollution dépend de la teneur des boues en polluants et de la quantité épandue			- bpc: 0.02-0,07 µg/kg.j (epa); dioxine (tcdd): 10^{-6}µg/kg.j atsdr
	- œufs et kystes de parasites (voir ci-haut)				- aucune
	-virus entériques				- aucune
Nuisances	odeurs insectes, vermine	salubrité	site et périmètre	zone-tampon stabilisation des boues	règlements municipaux
Impacts indirects					

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- irritation des voies respiratoires, cancérisation possible	-surtout travailleurs	- très rare	- dosage COV dans l'air ambiant	Couillard *et al* (1993) Labelle (1995)
	- allergies, irritations respiratoires, infections	- travailleurs, peut-être voisinage	- inconnue	- détermination des cfu par m^3	
Émissions liquides ou dans l'eau	- effets toxiques divers, cancérisation possible	- consommateurs d'eau polluée	- rare ou inconnue	Pour l'ensemble des polluants de cette section: détermination de la concentration dans les eaux de ruissellement provenant des lieux où un épandage a été effectué, analyser les l'eau de puits Suivi épidémiologique chez les populations locales près de lieux faisant fréquemment l'objet d'épanndages	Couillard *et al* (1993) Labelle (1995) Beauchemin *et al* (1993) Dubé et Delisle (1995) Colborn *et al* (1996) (pour les surfactants et les nonylphénol)
	trihalométhanes, cancérigènes; nonylphénols perturbent cyle hormonal système reproducteu	consommateurs d'eau polluée	- rare ou inconnue		
	- salubrité, aucun effet direct, formation de thm si eau est chlorée	- consommateurs d'eau polluée	- rare ou inconnue		
	- parasitoses diverses	- consommateurs d'eau polluée	- rare ou inconnue		
	- surtout gastro-entérites	- consommateurs d'eau polluée	- rare ou inconnue		
	gastro-entérites	- cons. eau polluée	- inconnue		
Émissions solides ou dans les sols	- voir ci-haut	- travailleurs	- inconnue	Pour l'ensemble des polluants du sol: détermination de la présence des polluants les plus dangereux. Suivi chez les travailleurs si nécessaire.	Beauchemin *et al* (1993) Labelle (1996) Couillard *et al* (1993)
	- effets cancérigènes possibles	- travailleurs	- inconnue		
	- parasitoses diverses	- travailleurs	- inconnue		
	- gastro-entérites	- travailleurs	-inconnue		
Nuisances	- qualité de vie	- voisinage et communauté	- rare ou inconnue	- plaintes, études de perception	
Impacts					

indirects					

Sources :

Beauchemin, S., M.R Laverdière et C. Scraire (1993) Revue de littérature sur ls métaux, l'azote et le phosphore dans les boues d'origine municipale de pâtes et papiers et de désencrage en prévision de leur valorisation en milieux agricole et forestier. Cogisol inc (produit pour le Ministère des Ressources naturelles du Québec), 112p.

Chevalier, P. (1995) Gestion de l'environnement en milieux urbain et industriel. Presses de l'Université du Québec, 577p.

Colborn, T., D. Dumanoski et J.P. Meyers (1996) Our Stolen Future. Dutton Book, 306p.

Dubé, M. et S. Delisle (1995) Suivi environnemental effectué à la suite de l'épandage de boues d'épuration des eaux usées municipales à la pépinière de Normandin. Ministère des Ressources naturelles, Gouvernement du Québec, 95p.

Couillard, D., P. Chouinard et G. Mercier (1993) Risques environnementaux associés à la présence de contaminants organiques de synthèse dans différentes boues résiduaires lors de leur valorisation en milieux agricole et forestier. Inrs-eau, Université du Québec, 108p.

Gossels, T.A. et J. D. Bricker (1994) Principles Of Clinical Toxicology. Raven Press, 3ème édition, New York, 447p.

Labelle, A. (1995) Utilisation des boues d'usines d'épuration et risques pour la santé. BISE (bulletin d'information en santé environnementale), 6(3):__ - __.

Labelle, A. (1996) Valorisation des boues d'épuration municipales; quels sont les risques de contamination? Direction de la santé publique Mauricie-Bois-Francs, 46p.

MEF (1996) Évaluation sylvicole, environnementale et technico-économique de la valorisation de trois types de boues de stations d'épuration municipales dans la région des Laurentides. Ministère de l'environnement et de la faune (Gouvernement du Québec), rapport final, 284p.

MEF et MAPAQ (1991) Valorisation agricole des boues de stations d'épurations des eaux usées municipales. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et l'Alimentation (Gouvernemnt du Québec), 91p.

MEF et MAPAQ (1991) Valorisation sylvicole des boues de stations d'épurations des eaux usées municipales. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et l'Alimentation (Gouvernemnt du Québec), 83p.

Boues provenant de fosses septiques

On parle d'assainissement autonome lorsque les rejets d'eaux usées ne sont pas dirigés vers un réseau d'égout. Le mode de confinement le plus simple des matières fécales, encore utilisé par des centaines de millions de personnes sur la planète, est l'utilisation de latrines sèches, soit un simple trou creusé dans le sol qui est recouvert une fois rempli. Une des formes les plus évoluées de l'assainissement autonome consiste à utiliser une fosse septique, le procédé retenu pour traiter les eaux usées des résidences isolées dans les pays industrialisés. Il est en effet essentiel de traiter ces eaux, compte tenu de leur caractère relativement polluant. L'effluent typique d'une maison unifamiliale en amérique du nord contient quelque 450 mg/L de matières en suspension (MES) et une charge organique équivalent à 400 mg/L de DOB_5 (rappelons que cette charge ne devrait pas dépasser 3 mg/L pour la vie aquatique et 7 mg/L pour une eau potable brute destinée à la chloration).

Il importe ici de préciser que des fosses septiques sont de plus en plus utilisées pour le traitement des eaux usées de petits commerces ou industries. Des polluants qui ne sont habituellement pas présents dans les eaux usées domestiques, comme des composés organiques de synthèse, sont donc susceptibles d'être identifiés. On ne dispose cependant pas de données permettant de caractériser de telles boues. Le portrait présenté dans cette section est donc celui des boues provenant de fosses septiques servant à épurer les eaux usées domestiques.

Principes de fonctionnement de la fosse septique

L'épuration par fosse septique s'effectue en deux étapes : premièrement, l'eau usée est acheminée dans un caisson souterrain ayant un volume de plusieurs milliers de litres (entre 1 500 et 5 000); le temps de résidence moyen dans ce caisson est de deux à trois jours. L'eau partiellement épurée est évacuée de la fosse pour être infiltrée dans le sol à l'aide de tubes perforées placées sous la surface. Le sol joue le rôle d'élément épurateur, possédant toutes les capacités requises pour achever l'épuration qui a débutée dans la fosse.

La fosse septique est souterraine et généralement fabriquée en béton ou en fibre de verre. Cette fosse comprend habituellement deux compartiments séparés par une cloison permettant toutefois un écoulement facile du premier vers le deuxième compartiment. La fosse est essentiellement conçue pour faire décanter les matières en suspension (MES)

plus denses que l'eau, alors que les huiles, les graisses et les MES de faible densité s'accumulent en surface pour former la croûte ou l'écume. L'eau s'écoule continuellement alors que les sédiments formant la boue, ainsi que la croûte, doivent être pompés régulièrement (à intervalles de quelques années) pour éviter une surcharge du système.

Dynamique microbienne de la fosse septique

A l'instar de ce qui se passe pour l'assainissement des eaux usées municipales, la matière organique fraîche qui arrive dans la fosse est métabolisée par divers micro-organismes afin d'être stabilisée.

Un premier groupe de bactéries anaérobies et aérobies facultatives transforment les composés organiques complexes (protéines, glucides, lipides) en substances simples tels que des monosaccharides, des acides aminés ainsi que des acides gras volatils. Par la suite, un deuxième groupe de bactéries, anaérobies strictes, permet de transformer les premiers métabolites en molécules comme le gaz carbonique (CO_2), le H_2, le méthane (CH_4) et l'hydrogène sulfuré (H_2S). La formation de méthane n'est cependant pas fréquente au Québec puisque les bactéries méthanogènes ont une croissance très faible en deçà de 20°C. Les principaux gaz produits se dégagent des boues sous forme de bulles et entraînent dans leur ascension des particules de boues pour former une partie de l'écume.

En règle générale, la minéralisation de la matière organique se produit après une année de séjour dans la fosse. La production de méthane, si elle est possible, ne débute qu'à la deuxième année de fonctionnement sans vidange. Dans ce contexte, une vidange de la fosse à tous les deux ans empêchera l'essentiel du processus de méthanisation. La vidange régulière de la fosse est cependant nécessaire puisqu'elle vise à empêcher que l'accumulation de la boue déborde dans le second compartiment de la fosse, puis dans le champ d'épuration; un excès de MES dans l'effluent de la fosse colmaterait les tuyaux qui acheminent l'eau vers le champ d'épuration.

Il faut noter que la présence de substances formées par décomposition anaérobie est responsable de l'odeur extrêmement désagréable et pénétrante de la boue. Un gaz comme le H_2S est en partie responsable de la mauvaise odeur, mais il faut aussi noter la contribution des acides gras volatils, de l'acide butyrique et de substances à odeur fécale comme l'indole et le skatole..

Quantité de boues produites

De nombreuses recherches ont porté sur la production de boue dans une fosse septique. Les études québécoises sont malheureusement très limité et il faut utiliser les données provenant des États-Unis et d'Europe. La tendance est cependant la même dans tous les cas, soit la démonstration d'une diminution progressive de l'accumulation annuelle de la

boue avec le temps. Ainsi, au terme de la première année d'opération d'une fosse, la production de boue et d'écume varie de 80 à 180 litres par personne alors qu'elle est de 40 à 100 litres après trois ans de fonctionnement. La vidange complète de la fosse a pour résultat de remettre la fosse dans un état favorisant une plus grande production de boue dans l'année qui suit. La diminution de l'accumulation de la boue en fonction du temps est une évolution normale inhérente à la digestion anaérobie, un processus progressif qui réduit la masse organique, notamment par autolyse des cellules microbiennes. La digestion anaérobie s'établit lentement et jusqu'à cinq ans peuvent être nécessaire pour qu'elle soit à son optimum.

L'accumulation de la boue peut varier grandement selon diverses conditions. Ainsi, une température annuelle basse favorise l'accumulation de boue à cause du ralentissement de l'activité microbienne qui est responsable de la dégradation de la matière organique. En dessous de 10°C le métabolisme bactérien est presque inhibé, ce qui signifie une augmentation considérable de la masse boueuse durant la saison froide. Par ailleurs, d'importants rejets de matière organique favorisent l'accroissement de la boue, de même qu'un débit d'eau réduit aura tendance à occasionner un mauvais fonctionnement de la fosse.

Il semble actuellement impossible d'évaluer la quantité réelle de boues de fosses septiques produite annuellement au Québec. On compterait quelque 400 000 résidences permanentes non desservies par un réseau d'égout ainsi que 200 000 chalets dans la même situation. Si toutes ces habitations étaient connectées à une fosse septique conforme et que la vidange se faisant à tous les deux ans, comme le prescrit le règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (Q-2, R.8), on estime que le volume de boue serait de un million de mètres cubes par an. Toutefois, compte tenu de la non conformité de plusieurs fosses, ou de l'inexistence dans plusieurs cas, et du non respect de la vidange obligatoire aux deux ans, on estime que le volume de boues pompé au Québec est de l'ordre de 200 000 à 340 000 mètres cubes par an.

Composition des boues

La boue est formée de l'écume (composée des graisses et des mes flottantes), des sédiments et de l'eau soutirés de la fosse lors de sa vidange. Techniquement, on peut parler d'une boue liquide anaérobie puisque l'eau représente 95% à 98% de la masse soutirée. Outre diverses matières solides non décomposables (sable, pièces de plastique ou de métal, cheveux, etc.) l'essentiel de la boue se présente sous la forme d'une masse, dont la couleur va du brun foncé au noir, ne contenant aucune particule identifiable.

La charge polluante des boues de fosse septique est très élevée comme le montre les données suivantes : demande biochimique en oxygène (DBO_5), entre 5 000 et 10 000 mg/L; matières en suspension (MES), entre 20 000 et 40 000 mg/L; azote (N) total, entre 100 et 1 000 mg/l; phosphore (P) total, entre 30 et 300 mg/L. Selon les données recueillies, il n'y a pas de composés organiques dangereux dans les boues, tels les BPC, les HAP et des substances chlorées. Toutefois, il est possible que des surfactants

provenant des détergents, tels les nonylphénol ou les alkyl benzène, soient présents, de même que des phtalates qui sont utilisées pour la préparation d'adhésifs, de colles et de lubrifiants. La littérature scientifique actuelle est cependant muette à ce sujet.

La charge polluante du liquide qui sort de la fosse lors de son fonctionnement normal (l'effluent) est évidemment moindre : DBO_5, entre 30 et 250 mg/L; mes, entre 30 et 200 mg/L; N total, entre 10 et 300 mg/L; P total, entre 1 et 20 mg/L. Cet effluent est, rappelons-le, dirigé vers un champ d'épuration qui sera en mesure de réduire la concentration des polluants par l'intermédiaire des micro-organismes du sol.

Ce sont donc les boues retirées lors de la vidange des fosses, qui représentent une charge polluante sérieuse et leur gestion est problématique.

Les métaux lourds

Les métaux lourds sont présents à de faibles concentrations dans les boues de fosse septique. Les principales sources de métaux sont les produits sanitaires domestiques et les conduits d'eau usée métalliques. Les principaux métaux retrouvés dans les boues sont : le fer, environ 200 mg/L; l'aluminium, de 50 à 250 mg/L, le zinc, environ 35 mg/L et le cuivre, environ 10 mg/L. Ces concentrations sont bien en deçà des valeurs recommandées dans le guide de bonnes pratiques pour la valorisation des boues d'épuration en milieu agricole (Fe, 1000 mg/L; Zn, 500 mg/L; Cu, 100 mg/L), à l'exception de l'aluminium dont la concentration maximale ne devrait pas dépasser 100 mg/L. Au Québec, on a trouvé jusqu'à 1 380 mg/L d'aluminium dans la boue d'une fosse septique. En ce qui concerne l'arsenic, les échantillons québécois ont révélé une concentration moyenne de 14,7 mg/L, avec un maximum de 44 mg/L. Ces concentrations sont beaucoup plus élevées que celles notées aux États-Unis (moyenne de 0,16 mg et maximum de 0,5 mg) et on peut s'interroger sur la représentativité de l'échantillonnage québécois. Ces concentrations sont cependant inférieures aux directives précisées dans le guide d'épandage des boues qui est de 50 mg/L pour l'arsenic inorganique et de 100 mg/L pour l'arsenic organique.

Les micro-organismes

Le contenu en micro-organismes des boues de fosses septiques s'apparente à celui des boues primaires d'une station de traitement des eaux usées municipales. Les principaux organismes identifiés et leur nombre sont les suivants (par 100 mL) : coliformes totaux, de 10^7 à 10^9; coliformes fécaux, de 10^6 à 10^8; streptocoques fécaux, de 10^6 à 10^7; bactéries anaérobies sporulantes (principalement *Clostridium* puis *Bacteroides*), environ 10^5; salmonelles, de 1 à 100. On retrouve également dans les boues de fosses septiques divers parasites, tels les *Ascaris* et les *Trichuris*, ainsi que nombreux virus comme les rotavirus, le virus de Norwalk et les adénovirus entériques.

On doit donc porter une attention particulière à la manipulation et à la gestion des boues de fosses septiques car elles sont susceptibles de provoquer diverses infections gastro-

intestinales à l'instar des boues provenant des stations d'épuration municipale (voir la section 5.7.1 à cet effet).

Gestion des boues

Il n'existe pas actuellement, sur le territoire québécois, de plan de gestion des boues de fosses septiques. Il est toutefois impensable de rejeter ou d'utiliser ces boues dans n'importe quel environnement. Les orientations du ministère de l'Environnement et de la Faune précisent que les municipalités régionales de comté (MRC) devraient prendre en charge la gestion et la planification des boues de manière à s'assurer de leur traitement en les dirigeant vers une destination finale acceptable. La valorisation des boues est souhaitable, mais l'élimination dans des lieux d'enfouissement sanitaires est acceptable que s'il n'y a pas d'autre alternative. Bien qu'il existe divers traitements pour ces boues, dans la pratique quatre d'entre eux sont utilisés au Québec : le lagunage, la déshydratation, la valorisation agricole et le rejet direct dans les systèmes d'égout municipaux. Le compostage est une voie d'avenir que l'on développe actuellement.

Le lagunage est une forme de stabilisation anaérobie permettant aux matières solides inertes et décantables de sédimenter. Les boues sont déversées dans des lagunes qui sont le plus souvent installées dans des lieux d'enfouissement sanitaire. La partie liquide des boues s'infiltre dans le sol et subit alors un traitement par la microflore naturelle. Cette pratique est peu dispendieuse, mais les lagunes risquent de contaminer la nappe phréatique. Ce type de gestion est de plus en plus critiqué et il ne représente pas une solution à long terme.

La déshydratation par équipement fixe ou mobile permet d'obtenir une boue dite 'pelletable', donc relativement solide, qui peut être acheminée vers un lieu d'enfouissement sanitaire. Le filtrat (la fraction liquide retirée de la boue) doit cependant être dirigée vers un système de traitement sur place, sinon vers une station de traitement des eaux usées municipales.

La valorisation agricole des boues fraîches (non déshydratées) est possible mais deux éléments nuisent à cette pratique : les coûts inhérents au transport de petits volumes de boues et la nécessité de les stabiliser pour détruire les organismes pathogènes. Puisque la boue ne peut pas être épandue n'importe quand, on doit prévoir des structures d'entreposages temporaires.

Le rejet direct dans les égouts municipaux est possible si le volume de boues est faible par rapport à la capacité de traitement de la station de traitement. En effet, ces dernières ne sont pas conçues pour traiter des eaux contenant de fortes concentrations de mes et ayant une DBO très élevée. Ce type de gestion n'est pas favorisé.

Il n'est pas recommandé d'épandre des boues fraîches sur un sol agricole ou forestier parce que la matière organique n'est pas suffisamment dégradée pour répondre aux besoins de fertilisation. De plus, la présence de micro-organismes pathogènes dans les

boues fraîches est un autre facteur à considérer. Des études ont démontré que le compostage des boues de fosses septiques était techniquement possible. De plus, le compost produit répondait aux normes agronomiques en termes d'éléments minéraux disponible (surtout N et P), d'amendement organique alors que la quantité de micro-organismes pathogènes mesurés, notamment les coliformes et les salmonelles, était grandement réduite.

Il n'existe pas de solution universelle, mais la tendance actuelle est de déshydrater les boues avant d'en disposer. La boue déshydratée peut être épandue sur un sol à fertiliser, être dirigée vers un lieu d'enfouissement sanitaire ou, encore, être retournée dans la fosse septique de l'utilisateur afin de 'l'ensemencer' avec des micro-organismes aptes à métaboliser la matière organique.

Cadre réglementaire

L'assainissement autonome est essentiellement régit par le « règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées » (Q-2, r. 8). Ce règlement assez complet précise la nature et le devis d'un ensemble de technologies capables de traiter les eaux usées domestiques, soit essentiellement la fosse septique et l'élément épurateur. On traite également du filtre à sable, du cabinet à fosse sèche (latrines) ainsi que la biofiltration à base de tourbe. Le volume de la fosse septique est déterminé en fonction du nombre de chambres que compte une résidence et la vidange à tous les deux ans est obligatoire pour une fosse utilisée à longueur d'année. L'élimination des boues ne fait l'objet d'aucune obligation particulière sinon qu'elle doit se faire en conformité avec l'article 22 de la loi sur la qualité de l'environnement qui stipule qu'un certificat d'autorisation est notamment nécessaire pour le rejet de contaminants dans l'environnement.

Risques pour la santé publique à préciser

Il faut retenir que la caractérisation chimique et, surtout, microbiologique des boues de fosses septiques doit se poursuivre. Il existe peur d'information sur la présence de certains polluants (comme les surfactants et les alkyl benzène) et de certains groupes de parasites. De plus, il ne semble pas exister de suivi épidémiologique chez les personnes manipulant à tous les jours des boues de fosses septiques. Dans ce contexte, les risques pour la santé publique pourront être spécifiquement précisés après une meilleure caractérisation des boues.

Secteur : boues d'épuration
Activité : manipulation ou épandage de boues de fosses septiques

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique					
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- spores fongiques ou bactériens	- pollution, insalubrité	- site	- manipulation adéquate, épandage dans le sol plutôt qu'en surface	- aucune
Émissions liquides ou dans l'eau	-certains métaux lourds (surtout Fe, al, zn et Cu)	- toxiques pour certains organismes aquatiques	-cours d'eau récepteurs	- respecter bandes de protection.	- al < 0,1 mg/l pour prévenir maladie d'alzheimer
	- composés organiques biodégradables (protéines, sucres, lipides)	-diminution de l'oxygène dissous dans l'eau	- idem à ci-haut	- idem à ci-haut	- 3 à 7 mg/l (critères mef pour eau brute à être chlorée)
	- bactéries et virus entériques	- insalubrité	- idem à ci-haut	- idem à ci-haut	- coli. fécaux: 0 coli totaux: 10/100 ml (règ sur l'eau potable, qc)
	- œufs et kystes de parasites (*ascaris*, *trichuris*, etc.)	- insalubrité	- idem à ci- haut	- idem à ci-haut	- aucune
Émissions solides ou dans les sols	- métaux lourds	- pollution du sol	- habituellement sur le site (peu mobiles)	Ne pas épandre trop souvent sur un même site	- aucune
	- œufs et kystes de parasites, bactéries et virus	- insalubrité	- habituellement sur le site (peu mobiles)		- aucune
Nuisances	- odeurs	- insalubrité	site et périmètre	zone-tampon, injecter boues dans le sol	règlements municipaux
Impacts indirects ou autre exposition	manipulation des boues (micro-organismes patho.)	insalubrité	site	équipement de protection	

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de Survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique					
Émissions **gazeuses** ou **atmosphériques**	- allergies, irritations respiratoires	- inconnue	- inconnue	- détermination des cfu par m^3 lors de la manipulation ou de l'épandage des boues	Boulanger *et al* (1988) Labelle (1995; 1996)
Émissions **liquides** ou dans l'**eau**	- effets toxiques divers, risque pour la maladie d'alzeimer à cause de l'aluminium	- consommateurs d'eau polluée	- inconnue	Pour l'ensemble des polluants, détermina-tiion de la concentra-tion dans les eaux de ruissellement provenant des lieux où un épandage a été effectué ainsi que dans les puits d'alimentation en eau potable Suivi épidémiologique chez les populations locales près de lieux faisant fréquemment l'objet d'épandages	Boulanger *et al* (1988) Consultants rsa (1997) Marin et Roy (1996) Labelle (1995; 1996)
	- salubrité, forma-tion de trihalomé-thane si l'eau est ultérieurement utili-sée et chlorée	- consommateurs d'eau polluée	- inconnue		
	- surtout gastro-entérites	- consommateurs d'eau polluée	- inconnue		
	- parasitoses directes	- consommateurs d'eau polluée	- inconnue		
Émissions **solides** ou dans les **sols**	- voir ci-haut	- manipulateurs de boues	- inconnue	Déterination de la présence des polluants les plus à risque suivi ches les travailleurs si néces-saire	
	-voir ci-haut	- idem	- inconnue		
Nuisances	- qualité de vie	- voisinage et communauté	inconnue	- plaintes, études de perception	
Impacts **indirects** ou autre exposition	- infections	- travailleurs	- inconnue	-suivi épidémiologi que	

Sources

Blanchard, J., M. Joseph et P. Purenne (1990) Programme expérimental de réception et de traitement des boues de fosses septiques. Service de l'environnement, communauté urbaine de Montréal, 24p.

Bossé, Y. (1990) Gestion des boues d'épuration et de fosses septiques et effets potentiels de leur valorisation en milieu agricole. Commission de protection du territoire agricole du Québec, Gouvernement du Québec, 89p.

Boulanger, D., J.-M. Jalbert et A. Terreault (1988) Guide sur la gestion des boues de fosses septiques. Ministère de l'Environnement (Gouvernement du Québec), pagination multiple.

Caron, J.-J. et F. Poulin (1995) Démonstration et optimisation du système DABJ pour la déshydratation des boues de fosses septiques et municipales. Préparé par valoraction pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, rapport final, 206p. + annexes.

Consultants RSA (1996) Développement d'un camion-usine servant à déshydrater les boues de fosses septiques sur place. Préparé pour Canmex Inc. et le ministère de l'Environnement et de la Faune (Gouvernement du Québec), rapport synthèse 54p. + annexes.

Côté, L. et D. Potvin (1994) Essais de compostage de boues de fosses septiques. Compte rendu 4ème Congrès annuel du Conseil canadien du Compostage (Toronto), p. 359 à 389.

Labelle, A. (1995) Utilisation des boues d'usines d'épuration et risques pour la santé. BISE (Bulletin d'information en santé environnementale), 6(3):__ - __.

Labelle, A. (1996) Valorisation des boues d'épuration municipales; quels sont les risques de contamination? Direction de la santé publique Mauricie-Bois-Francs, 46p.

Lalumière, A. (1993) La gestion des boues des stations d'épuration et des fosses septiques. Cahier des conférences du colloque « La gestion de l'eau par les municipalités, à quel prix? », Union des municipalités du Québec, 8p + figures.

Marin, M. et R. Roy (1995) Évaluation de l'accumulation des boues dans les fosses septiques au Québec. Préparé par le Groupe Steica pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, rapport final, 98p. + annexes.

Gestion de l'eau: construction et opération d'un centre de traitement des eaux usées

Nature du projet

Cette grille est en partie basée sur une étude d'impact effectuée dans le cadre de l'implantation d'une station de traitement des eaux usées pour les villes de Halifax et Dartmouth en Nouvelle-Écosse. Le projet prévoyait le traitement primaire des eaux usées brutes, suivi d'une chloration, avant le rejet dans le port de Halifax. Quant aux résidus solides récupérés par le traitement tertiaire, ils seraient incinérés. Compte tenu que le projet de halifax est très spécifique, et afin de donner une portée plus large à la grille d'impact, on inclut dans les paragraphes qui suivent des informations pertinentes à d'autres types de traitements des eaux usées.

Généralités sur le traitement des eaux usées urbaines

Chaque station de traitement des eaux usées est spécifique aux besoins d'une région donnée et elle peut comprendre de multiples combinaisons de processus de traitement. Toutefois, les concepts de base sont presque toujours les mêmes et ils sont succinctement décrits dans les paragraphes qui suivent.

Dans la plupart des cas, le traitement des eaux usées urbaines se fait essentiellement par l'emploi de procédés dits conventionnels (prétraitement, traitement primaire et traitement secondaire); occasionnellement on utilise des traitements tertiaires, dits spéciaux ou complémentaires. Le prétraitement, presque toujours présent, comprend un dégrillage qui sert à enlever les débris grossiers d'une taille supérieure à 15-25 mm et un dessablage qui permet de faire sédimenter les particules d'un diamètre compris entre 0,2 et 25 mm. Le prétraitement peut aussi inclure un déshuilage et un dégraissage qui sert à enlever les liquides insolubles dans l'eau (huiles, hydrocarbures, graisses, etc.). quant au traitement primaire, qui s'effectue essentiellement par décantation, il permet d'éliminer environ 70% des particules inorganiques de faible taille (0,05 mm à 1,0 mm), appelées matières en suspension (MES), ainsi que 40% de la demande biologique en oxygène (DBO) qui indique le niveau de pollution par la matière organique.

Le traitement secondaire est une étape qualifiée de biologique et s'effectue à l'aide de divers micro-organismes indigènes, surtout des bactéries, qui métabolisent la matière organique en biomasse microbienne, en éléments minéraux (azote, phosphore, etc.) ainsi qu'en CO_2. Ce traitement permet l'enlèvement de la matière organique non décantable qui n'a pas été retenue par le traitement primaire et il permet habituellement de détruire les micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, champignons et protozoaires). Les procédés les plus utilisés sont les boues activées («activated sludge») et les lits bactériens

(«trickling filters»). le traitement biologique est de plus en plus jugé indispensable car il est le seul capable de réduire très significativement la pollution organique et microbienne.

Les traitements tertiaires sont peu utilisés et visent à produire une eau presque pure, mais néanmoins non potable. Ils comprennent des procédés physiques comme la filtration sur sable (rétention des particules et des micro-organismes), le charbon actif (adsorption de la matière organique réfractaire aux autres étapes de traitement) ainsi que la désinfection par ozonation et rayonnement ultraviolet. Les procédés chimiques comprennent l'emploi de floculants et de coagulants qui favorisent la précipitation de certaines particules organiques, ou du phosphore dont le pouvoir eutrophisant est très élevé; ils incluent étalement l'emploi de composés chlorés utilisés pour assurer la désinfection. Quant aux procédés biologiques, ils sont fondés sur l'emploi de bactéries pour l'élimination de l'azote (nitrification et dénitrification) ou du phosphore (déphosphatation).

Tel que mentionné précédemment on peut, au besoin, inclure dans une station un certain nombre de ces divers types de traitements sans suivre la séquence habituelle: primaire, secondaire et tertiaire. Le cas du projet halifax-darmouthen est un exemple dans la mesure où il comporte un traitement primaire suivi d'une chloration (traitement tertiaire chimique).

Rejets atmosphériques

Lors de la phase de construction d'une station de traitement, la machinerie utilisée est responsable de l'émission de divers polluants qui sont principalement les oxydes d'azote (NO_x), le bioxyde de carbone (CO_2), le monoxyde de carbone (CO) et les composés organiques volatils (COV). Ces derniers sont également les polluants qui peuvent être émis lors du fonctionnement de la station de traitement.

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz sans odeur qui peut conduire à la formation de carboxyhémoglobine pouvant entraîner la mort. quant au bioxyde de carbone (CO_2), il est un des principaux gaz à effet de serre.

Les oxydes d'azote (no_x) comprennent notamment l'oxyde nitrique (NO) et le bioxyde d'azote (NO_2). Le NO_2 est un gaz brunâtre à l'odeur âcre et irritante et sa toxicité provient de sa capacité d'oxyder les membranes cellulaires. Ce gaz entraîne une baisse de la perception des odeurs, des modifications de la fonction pulmonaire et, dans les cas d'exposition importante, l'apparition d'un oedème pulmonaire. Un des effets les plus important de l'exposition chronique aux NO_x est l'emphysème et la réduction du volume expiratoire forcé. Il faut aussi noter la particularité que possède le NO_2 de réagir avec les COV pour former le smog photochimique (voir plus loin).

Les composés organiques volatils (COV) sont essentiellement des hydrocarbures susceptibles de s'évaporer à la température ambiante et exister dans l'atmosphère sous forme gazeuse; on en compte des milliers dont certains sont relativement toxiques. Les COV susceptibles d'être présents dans les eaux usées urbaines sont des hydrocarbures

halogénés d'usage domestique ou industrielle, notamment des solvants organiques (tétrachlorure de carbone, chlorure de méthylène et perchloroéthylène). La concentration moyenne des COV dans les eaux usées serait de l'ordre de 10 à 50 µg/L, avec des pointes à près de 200 µg/L. Il convient de mentionner que certains COV, comme le benzène et le chloroforme, sont considérés comme étant cancérigènes.

Il importe de rappeler la réaction photochimique entre les NO_x et les COV qui induit la formation de polluants secondaires, collectivement appelés smog photochimique. Ce smog comprend l'ozone (O_3) au sol (troposphérique), divers radicaux libres et des hydrocarbures oxygénés comme les aldéhydes (par exemple, la formaldéhyde) ainsi qu'un groupe de substances appelées nitrates de peroxyacyle (PAN). Toutes ces substances ont la propriété d'être fortement irritantes pour l'appareil respiratoire, certaines étant par ailleurs mutagènes (PAN) ou cancérigènes (formaldéhyde).

Il faut aussi mentionner que l'incinération des boues provenant du traitement primaire (comme c'est le cas dans le projet de Halifax) ou secondaire peut provoquer l'émission de polluants déjà mentionnés (CO, CO_2, NO_x et COV), mais également de bioxyde de soufre (SO_2), de métaux lourds (PB, HG, CR ou CD), d'hydrocarbures aromatiques polycyliques (HAP) et de chlorure d'hydrogène (HCl).

Les fumées d'incinération comprennent habituellement des gaz, des particules et des cendres volantes, ces dernières étant des particules de faible dimension facilement aéroportées qui pénètrent assez loin dans les voies respiratoires. Les particules et les cendres volantes contiennent diverses matières inertes, souvent de la silice, mais aussi des métaux divers qui sont volatilisés.

Sur les particules peuvent aussi se condenser des substances organiques qui ne sont pas complètement brûlées et que l'on retrouve aussi sous forme de gaz dans la fumée. Les composés organiques volatils (COV), les polychlorobiphényles (BPC), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et, surtout, les dioxines et les furannes sont parmi celles que l'on peut identifier dans les fumées d'incinération. Selon la littérature, le risque cancérigène découlant d'une exposition aux dioxines et furannes d'incinérateurs n'est généralement pas accru de manière significative lorsque l'équipement utilisé se conforme aux normes en utilisant divers systèmes de dépollution.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) regroupent un vaste ensemble de composés notamment engendrés par les processus de pyrolyse et de carbonisation de la matière organique. Ils sont formés de noyaux benzéniques et comprennent plusieurs composés cancérigènes, le plus connu étant le benzo[a]pyrène (BAP). Les HAP sont d'abord émis dans l'atmosphère, mais ils ont la capacité de contaminer les lacs et les cours d'eau lors des précipitations (pluie ou neige). Dans ce cas, ils s'accumulent surtout dans les sédiments, contaminant ainsi les poissons de fond ainsi que des crustacés comme le homard.

Règle générale, on estime que les polluants atmosphériques émis lors de la construction ou de l'opération d'une station de traitement des eaux usées ne représentent pas un danger immédiat pour la santé humaine, compte tenu des faibles concentrations qui sont comparables à celle retrouvées dans les grands centres urbains canadiens. Il faut cependant convenir que l'inhalation à petites doses de certains composés (comme les oxydes d'azote) peut induire des pathologies à long terme. Ces substances s'additionnent aussi à d'autres polluants qui provoquent des changements climatiques, détruisent la couche d'ozone et sont responsables des précipitations acides ou du smog urbain. La formation de smog doit être prise en considération, compte tenu des problèmes de santé qu'il engendre, mais aussi parce que c'est l'un des rares polluants atmosphériques urbains dont la concentration s'accroît constamment au Canada.

Rejets dans le milieu aquatique

La construction d'une station de traitement permet d'abord d'améliorer la qualité des rejets liquides dans les cours d'eau récepteurs en réduisant la pollution inorganique, organique et microbienne. Cette réduction dépend toutefois des types de traitement utilités. Ainsi, dans le cas de halifax, le fait de ne pas utiliser un traitement secondaire ne permet pas une réduction très importante de la matière organique et de la pollution microbienne. Dans ce dernier cas, on propose de désinfecter l'eau avec du chlore, un procédé que l'on peut remettre en question, compte tenu de sa faible performance en présence d'une importante concentration de particules qui interfèrent avec son action.

Il importe de mentionner que dans le contexte d'une station de traitement des eaux usées, les problèmes de pollution sont généralement limités à la zone de rejet (là où se situe la canalisation d'évacuation de l'eau traitée) ainsi qu'en aval, dans son panache de diffusion.

On évalue les risques à la santé en fonction des usages de l'eau: récréatifs (baignade, ski nautique, canotage, etc.); consommation d'eau et d'organismes qui se nourrissent par filtration (mollusques) ou non (poissons et crustacés). Dans l'évaluation du risque, on devrait aussi tenir compte du type de traitement utilisé. Ainsi, un traitement secondaire est bien plus efficace qu'un traitement primaire pour l'enlèvement des micro-organismes pathogènes. Quant à la désinfection (rayons U.V., ozone et chloration), tel que mentionné précédemment, son efficacité est très relative puisque la présence de divers contaminants (MES, particules organiques, agglomération de micro-organismes) peut la rendre presque totalement inefficace. Dans le cas de la chloration, on doit ajouter le risque lié à la formation de trihalométhanes cancérigènes qui est favorisée par la présence de matière organique retrouvée en forte concentration en absence d'un traitement secondaire.

Usages récréatifs de l'eau

Le risque à la santé, consécutif à un usage récréatif, découle surtout de la présence de micro-organismes pathogènes engendrant notamment des symptômes cliniques de type gastro-entérite. Dans le cas des bactéries, la famille des *Enterobacteriaceae* (bacilles

gram négatifs d'origine entérique) est celui qui représente le plus grand risque. Les bactéries les plus souvent impliquées sont: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Salmonella cholerasuis* (responsable des infections entériques non typhoïdiennes), *Shigella* et *Yersinia*. On doit aussi considérer *Campylobacter jejuni*, qui est maintenant considérée comme l'infection entérique bactérienne d'origine alimentaire la plus répandue en Amérique du Nord, et *Enterococcus faecalis* dont la résisrance aux antibiotiques est très préocccupante. Beaucoup de ces bactéries colonisent naturellement les personnes en bonne santé et ne représentent un risque que pour les personnes immunodéficientes. Il s'agit souvent d'infections opportunistes dont le risque de déclencher une maladie, parmi des baigneurs exposés serait de l'ordre de 0,02 à 0,3%. il faut néanmoins tenir compte du fait que certaines bactéries survivent longtemps dans l'environnement aquatique, notamment *Enterococcus faecalis* avec lequel le risque d'infection de baigneurs serait de l'ordre de 1 à 2% (soit 10 à 100 fois plus élevé que pour les entérobactéries). La détection de cette bactérie est de plus en plus jugée comme étant une bonne estimation de la qualité des eaux de baignade bien que la présence de coliformes constitue encore le déterminant préconisé par les méthodes officielles. Il importe cependant de préciser que ces données proviennent habituellement de milieux d'eau douce. La survie des micro-organismes dans l'eau de mer (salée) peut être différente.

En ce qui concerne les virus associés aux rejets d'eau usée, la documentation scientifique fait d'abord état de risques à l'égard de deux groupes de virus de la famille des *Picornaviridae*, appartenent plus spécifiquement au genre *Enterovirus*: les coxsackievirus et les echovirus dont les manifestations cliniques peuvent être: méningite «aseptique», conjonctivite, péricardite, diarrhée et encéphalites qui peuvent être responsable de l'apparition des syndromes de Reye et de Guillain-Barré. Les coxsackievirus seraient responsables d'une importante proportion des myocardites aigües. On a également rapporté le risque de transmission du virus de la poliomyélite (*picornaviridae*) par les eaux usées, mais la probabilité serait très faible. Dans la famille des *calciviridae*, le virus de norwalk est responsable d'une violente gastro-entérite qui dure de 24 à 48 heures; il est souvent retrouvé chez des malades ayant bu de l'eau non potable ou ayant pratiqué des activités nautiques à contact primaire; les eaux usées urbaines peuvent aussi être responsables d'infections par les *Hepadnaviridae* (hépatite b).

A l'égard des protozoaires, *Giardia lamblia* et *Cryptosporidium parvum* sont les parasites les plus souvent véhiculés par les eaux usées. Les kystes et les oocystes de ces organismes sont extrêmement résistants aux procédés de traitement des eaux usées, incluant la désinfection par le chlore. De plus, compte tenu de leur forte infectiosité (seulement quelques kystes de giardia peuvent causer la giardiase), le risque d'infection est toujours élevé. L'incidence de la giardiase et de la cryptosporidiose d'origine hydrique est d'ailleurs en constante augmentation en Amérique du Nord; la giardiase est maintenant l'infection entérique non bactérienne avec la plus forte incidence.

Le risque lié à la pratique d'activités aquatiques interdit habituellement les sports de contact primaire, comme la baignade et le ski nautique, dans les zones de rejets des eaux

usées urbaines même si elles sont traitées. La pratique d'activités à contact secondaire (canotage) ne devrait être permise qu'après une évaluation adéquate de la présence de divers micro-organismes pathogènes qui inclut la détection de groupes autres que les coliformes.

Consommation d'eau et d'organismes filtrants (mollusques) ou non filtrants (crustacés, poissons)

Les organismes qui filtrent une grande quantité d'eau pour se nourrir, comme les mollusques, sont surtout susceptibles d'être contaminés par des bactéries et des virus. Les bactéries pathogènes susceptibles de se retrouver dans les mollusques sont surtout *Campylobacter jejuni*, *Salmonella cholerasuis* (espèce non typhoïdienne) et *Shigella* sp qui induisent habituellement des infections de type gastro-entérite. Toutefois, *c. jejuni* étant très sensible à la salinité, il est peu probable de retrouver cette bactérie dans les zones marines. On note également la contamination possible par les mêmes virus que ceux mentionnés ci-haut dans le contexte des activités récréatives. Règle générale, on recommande de ne pas consommer des mollusques vivant dans des zones urbaines ou polluées et de faire subir un traitement complet à l'eau potable.

Le risque lié à la consommation d'eau potable et d'organismes aquatiques non filtrants se mesure à l'égard de la bioaccumulation de diverses substances toxiques inorganiques, tels les métaux lourds (surtout le cuivre, le cadmium et le mercure), et organiques (notamment les hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP - et les polychlorobiphényles- PCB).

Le cuivre est un métal essentiel au maintien des fonctions physiologiques, mais en trop forte concentration il en résulte une nécrose du foie; cette intoxication est toutefois extrêmement rare. Le mercure est un métal dont l'intoxication par ingestion est consécutive à l'absorption de sa forme méthylée, le méthylmercure. Cette méthylation est favorisée par le présence de micro-organismes; le mercure inorganique présent dans l'eau usée est donc susceptible de se transformer grâce à la présence de nombreux micro-organismes qui s'y trouvent. Le méthylmercure s'attaque au système nerveux et provoque des effets irréversibles; il affecte les fonctions visuelles et auditives ainsi que la coordination. Quant au cadmium, il est surtout d'origine industrielle et après ingestion, sa persistance dans l'organisme humain est très longue, soit environ 20 ans. Une exposition chronique résulte en une nécrose rénale. Si l'inhalation de cadmium est considérée comme ayant un potentiel cancérigène, ce n'est pas le cas de l'absorption par ingestion.

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des organochlorés dont le pouvoir de bioaccumulation dans la chaîne alimentaire est bien connu. Étant thermorésistants, ils ne sont pas détruits qu'à des températures de près de 1 000 °c, ce qui leur confère une importante stabilité environnementale. Brûlés à des températures inférieures à 800°C, ils peuvent engendrer d'importantes quantités de dioxines et de furannes. Bien que bannis depuis 1980 au Canada, ils sont encore bien présents dans l'environnement et contaminent presque tous les milieux humains et naturels. Une exposition chronique peut provoquer des

dommages hépatiques et des anomalies congénitales. Il a aussi été démontré que les PCB sont cancérigènes chez les animaux de laboratoire.

Les caractéristiques des HAP ont déjà été mentionnées dans la section consacrée aux émissions atmosphériques. Tel que précisé, ces substances proviennent notamment de la pyrolyse et de la carbonisation de la matière organique. Leur présence dans l'eau usée provient du nettoyage ou du lavage de certains milieux industriels (notamment l'industrie lourde comme la sidérurgie) dont certains procédés engendrent ces composés. Les risques pour la santé publique découlent surtout de la présence de certains composés mutagènes, tératogènes et cancérigènes comme le benzo[a]pyrène.

La liste des substances ci-haut mentionnée n'est évidemment pas exhaustive. On pourrait ajouter de nombreux pesticides d'utilisation domestique, les huiles et les graisses (provenant de diverses machineries ainsi que des déversements illégaux d'huiles à moteur) ainsi que les perturbateurs endocriniens («endocrine disruptors») dont on commence à peine à évaluer les effets potentiels. On classe dans ce dernier groupe plusieurs pesticides (surtout des insecticides et des fongicides), des composés organochlorés dont les PCB) ainsi que les éthoxylates de nonylphénol qui font partie de la famille chimique des alkykphénols. Les nonylphénols sont présents dans de nombreux produits de consommation, notamment des détergents à lessive liquide et des produits détachants en aérosol pour vêtements. Ces substances auraient des effets sur le système reproducteur mâle et femelle pouvant, dans certains cas, concourir à la promotion de certains cancers. Ces effets font toutefois l'objet de controverse et la communauté scientifique n'est pas encore unanime.

Quant aux trihalométhanes (THM), dont plusieurs sont cancérigènes, leur formation résulte de l'action du chlore avec divers composés organiques. Bien que le chloroforme soit le principal THM, on trouve également d'autres composés très toxiques comme la furanone halogénée, le bromoforme et le dibromoéthane. Les thm entraîneraient surtout l'apparition du cancer de la vessie; en Ontario, on estime que 14 à 16% de ces cancers pourraient être attribuables à l'ingestion d'eau chlorée. Tel que mentionné précédemment, la formation de ces substances est nettement favorisée par l'emploi d'un procédé de chloration dans le traitement des eaux usées. Les THM formés sont dilués dans le cours d'eau récepteur, mais si une usine de production d'eau potable est située en aval, ils pourront s'ajouter à ceux engendrés par cette usine. Puisque la plupart des THM manifesteraient leurs propriétés toxiques chroniques à des concentrations de 50 µg/L, il importe de tenir compte de toutes les situations qui les engendrent.

Les métaux lourds peuvent contaminer l'humain suite à la consommation d'eau potable, de poissons ou de crustacés alors que le risque de contamination par des substances organiques bioaccumulables (PCB et HAP) provient surtout de la consommation de poisson et de crustacés. En ce qui concerne des substances comme les trihalométhanes et les perturbateurs endocriniens, il semble que l'ingestion d'eau soit suffisante. Les études d'impacts démontrent que le traitement conventionnel des eaux usées ne permet pas de conclure que l'ensemble des métaux lourds et des substances organiques des eaux usées

sont à la source de cas graves de contamination. Les concentrations de ces substances dans les eaux usées traitées représente cependant un risque supplémentaire d'exposition de la population, considérant toutes les autres sources d'exposition auxquelles elle est soumise. C'est la raison qui incite à restreindre la consommation de poissons ou de crustacés vivants dans des eaux polluées ou, du moins, à respecter les directives régissant la quantité d'une espèce à consommer durant une période donnée.

Rejets et déchets solides

Deux groupes de résidus solides proviennent principalement du traitement des eaux usées: les boues de décantation et les cendres de grille provenant de leur incinération.

Les boues d'épuration sont principalement générées par le traitement primaire et secondaire et elles constituent les plus importants résidus solides, en terme de volume, provenant du traitement des eaux usées. Initialement, ce sont des résidus liquides, contenant entre 92 et 95% d'eau à la sortie des décanteurs, qui doivent subir plusieurs traitements visant à les rendre plus sèches: la déshydratation, le séchage sont les plus courants. Préalablement à ces traitements, les boues doivent habituellement être stabilisées, c'est-à-dire subir un traitement visant à minéraliser la matière organique et détruire les micro-organismes, pathogènes ou non, qui sont encore actifs. La stabilisation permet également de réduire les odeurs car les boues fraîches, surtout celles provenant du traitement primaires, sont particulièrement malodorantes. Les boues stabilisées et séchées se présentent habituellement sous une forme encore humide, appelée «gâteau» qu'il serait trop coûteux de rendre plus sec.

Les boues peuvent être utilisées comme fertilisant agricole et sylvicole, mais cet emploi est limité par la présence potentielle de nombreuses substances toxiques, surtout des métaux lourds et des composés organiques persistants comme des pesticides organochlorés, des PCB, des phénols et des hydrocarbures. On peut aussi détecter la présence de certains micro-organismes pathogènes. Le compostage et l'épandage sur le sol, à titre de fertilisant, permettent de tuer les micro-organismes mais ils n'ont aucun effet sur les substances toxiques, hormis le fait que certaines sont volatilisées dans l'atmosphère par la chaleur (lors du compostage ou du séchage) ou par l'action métabolique des micro-organismes. S'il n'est pas possible de les utiliser à titre de fertilisant, les boues doivent être éliminées dans des lieux d'enfouissement sanitaire ou des carrières (sablières et gravières) désaffectés inaccessibles à la population.

La combustion des boues, ou de tout autre déchet, produit des cendres volantes composées de gaz de combustion et de particules volatiles qui contribuent à la pollution atmosphérique (voir la section plus haut), ainsi que des cendres de fond, ou mâchefers, non volatiles. Les cendres de fonds sont très denses et elles sont composées de matières imbrûlées, d'acier et de matière organique vitrifiée, carbonisée ou cristallisée. On y retrouve surtout des métaux lourds, souvent sous forme d'oxydes et de silicates insolubles ainsi que des HAP, des chlorobenzènes et des chlorophénols. Le risque pour la santé dépend de la présence et de la concentration des substances pré-citées mais, règle

générale, les cendres de fond ne sont pas considérées comme étant toxiques. Elles doivent cependant être enfouies dans des lieux spéciaux à une distance suffisante des populations afin d'éviter l'inhalation des poussières soulevées par le vent. La contamination de la nappe phréatique doit aussi être évitée, en choisissant des lieux d'enfouissement ayant un sol imperméable; sinon, l'utilisation de géomembranes imperméables et la mise en place d'un système de collecte des eaux de lixiviation doit être envisagée.

Impacts psycho-sociaux

Un centre de traitement des eaux usées a généralement des impacts sociaux bénéfiques parce qu'il permet de réduire la pollution de l'eau. L'esthétisme ainsi que la qualité des cours d'eau sont améliorés, ce qui permet notamment aux citoyens de bénéficier d'une utilisation récréative. L'existence d'un important complexe de traitement des eaux usées peut engendrer cependant des impacts psycho-sociaux pour les personnes vivant à proximité, surtout à l'égard des odeurs. Il faut donc s'assurer que les odeurs générées par le processus de traitement de même que par l'entreposage des boues ne parviennent pas jusqu'aux résidences les plus proches. C'est pourquoi on construit habituellement les stations de traitement dans des secteurs peu habités; on peut également prévoir une vaste zone tampon autour des bâtiments, qui est habituellement un terrain gazonné ou boisé. Si les boues sont incinérées sur place, il faut s'assurer que les fumées ne soient pas trop denses et malodorantes. Dans la plupart des cas, les impacts psycho-sociaux de manifestent par une diminution de la qualité de la vie des citoyens incommodés ainsi que par une diminution de l'évaluation des propriétés.

Secteur: gestion de l'eau
Activité: construction et opération d'une station de traitement des eaux usées

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations[12]
Sinistre technologique	incendies et explosions	pollution parfumées, particules.	air et eau: site et périmètre	confinement, captage, mesures d'urgences	Csa z731-05: planification de mesures d'urgence pour l'industrie?
Impacts et rejets atmosphériques	- co	- négligeable	- site et périmètre	- contrôle de la combustion	- 35 mg/m³ (1h)
	- no_2	- smog et ozone troposphérique	- locale à régionale	- réduction catalytique	- 200 µg/m³ (24h)
	-dioxines, furannes, HAP	- bioaccumulation chez animaux terrestres et aquatiques	- continentale et planétaire	- meilleure combustion	- 100-200 ng/m³ pour HAP, 30 pg/m³ pour dioxines et furannes
	- métaux lourds (Hg, cr, cd)	- contamination des animaux	- régionale et continentale	- épuration des fumées d'incinération	- aucune pour hg, Cr ou cd
	COV	- smog et ozone troposphérique	- locale à régionale	- captage ou ↑ performances de combustion	- aucune
Impacts et rejets aquatiques	- métaux lourds (Hg, cr, cd)	- toxique pour certains organismes aquatiques			- hg: 1 µg/l; cr: 40 µg/l; cd: 0,2 µg/l
	- pcb	- bioaccumulation ds chaîne aliment.			- 0,02-0,07 µg/kg.j (norme epa)
	- trihalométhanes	mutagènes et cancérigènes			- 100 µg/l
	- perturbateurs endocriniens	- perturbation reproduction, malformations foetus	Pour l'ensemble des polluants: cours d'eau récepteurs. Distance de contamination variable selon concentration, solubilité, température, ph, etc.	Pour l'ensemble des polluants: employer des techniques de traitement performantes et adéquates. Au minimum, traitement secondaire pour enlèvement des micro-organismes pathogènes. Substances organiques réfractaires (pcb, HAP) peuvent nécessiter traitement tertiaire	- aucune (sauf composés comme pesticides)
	- matières en suspension (mes)	- insalubrité et réduction visibilité			- 0,5 mg/l (eau brute, pour eau potable)
	- entérobactéries et *enterococcus* sp.	- insalubrité			- pour micro-organismes, normes pour coliformes seulement: 0 coli fécaux et 10 coli totaux/100 ml
	- *picornavididae* et hépatite b	- insalubrité			
	- *cryptosporidium* et *giardia*	- insalubrité			
Résidus solides, Impacts sur le sol	- boues de décantation/ sédimentation	- insalubrité, toxicité	- site et périmètre d'entreposage	- confinement, enfouissement ou fertilisation	- règl. municipaux ou provinciaux
	- cendres de grille	- insalubrité,	- site et périmètre d'entreposage	- confinement ou enfouissement	- règl. municipaux ou provinciaux
Nuisances	- odeurs	- insalubrité	- site et périmètre	zone-tampon	- règl. municipaux
Impacts	- conflit social,	- valeur	- périmètre et	- compensation $,	- règl. municipaux ou

indirects et sociaux	et dévalorisation des propriétés	économique	voisinage	communication	provinciaux

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/cas documentés/ références[13]
Sinistre technologique	- traumatismes blessures, décès	- travailleurs, personnes sur le site	- très rare	- rapports de morbidité et mortalité; rapports de services d'incendie	
Impacts et rejets atmosphériques	- ↑ du % de carboxy-hémoglobine, décès	- conducteurs, personnes à proximité	- rare	- % de carboxyhémoglobine sanguin	
	- irritation des voies respiratoires	- zones urbaines et péri-urbaines	- rare à modérée dans grosses villes	- mesure dans l'air ambiant	
	- certains composés sont cancérigènes	- aucune en particulier	- rare ou inconnue	- mesure dans l'air ambiant si possible, études épidémiologiques	Bio-response system ltd et jacques whitford environment ltd (1992)
	- certains cancers; toxicité rénale ou hépatique	- travailleurs et personnes à proximité des sources d'émission	- rare ou inconnue	- mesure dans l'air ambiant, études épidémiologiques	
	- irritation voies respiratoires; smog provoque inflammation tissus	- zones urbaines et péri-urbaines, travailleurs exposés	- rare à modérée, ans grandes agglomérations urbaines	- mesure COV et ozone au sol dans air ambiant, études épidémiologiques	
Impacts et rejets aquatiques	- certains cancers, toxicité rénale ou hépatique	- consommateurs de poissons ou crustacés	- inconnue ou rare	- dosage dans chair de poisson, crustacés; études épidémiologiques	
	- effets cancérigènes possibles	- consommateurs de poissons gras surtout	- inconnue ou rare	- dosage et études épidémiologiques	
	- effets cancérigènes possibles	- consommateurs d'eau	- inconnue ou rare	- dosage dans la chair et études épidémiologiques - études épidémiologiques	
	- effets sur la reproduction, diminution compte spermatique?	- inconnue	- inconnue	- mesure mes dans l'eau de récréation	Bio-respopnse system Ltd et jacques whitfors environment ltd (1992)
	- insalubrité, aucun effet direct	- utilisations récréatives	- rare à fréquente	- dosage coliformes, entérobactéries et *enterococcus*, rapp. médicaux	
	- gastro-entérites, bactérémies, résistance aux antibiotiques	- utilisations récréatives	- rare à modérée, selon le lieu	- suivi épidémiologique, rapports santé publique	
	- encéphalites, méningites, péricardites et autres maladies	- utilisations récréatives	- rare à modérée, selon le lieu	- suivi épidémiologique, rapports santé publique	

	- gastro-entérites	- utilisations récréatives, eau potable	- rare à modérée, selon le lieu		
Résidus solides, Impacts sur le sol	- effets toxiques ou cancérigènes possibles, micro-org. pathogènes	- travailleurs ou manipulateurs de boues	- rare ou inconnue	- suivi médical	
	- toxicité possible	- travailleurs, manipulateurs de cendres	- rare ou inconnue	- suivi médical	
Nuisances	- qualité de vie	- voisinage	- rare à modérée	- plaintes, perception	
Impacts indirects et sociaux	- rôle d'évaluation, municipale, qualité de vie	- voisinage et communauté	- rare à fréquente	- plaintes, rôle d'évaluation, études de perception	

Sources

Altekruse, S.F., N.J. Stern, P.I. Fields et D.L. Swerdlow (1999). *Campylobacter jejuni*, an emerging foodborne pathogen. *Emerging Infectious Diseases*, 5: (pagination internet) www.cdc.gov/ncidod/EID/vol5no1/altekruse.html

Bio-Response System Ltd et Jacques Whitford Environment Ltd (1991) Draft Report To Halifax Harbor Cleanup Inc. On Air Quality In The Environs Of Halifax Harbour. 21p, + annexes.

Bio-Response System Ltd et Jacques Whitford Environment Ltd (1992) Final Report To Halifax Harbor Cleanup Inc. On Human Health Risk Assessment. 43p. + annexes.

Bolduc. D.G., P. Maurice et M.-C. Messely (1992) L'enfouissement des cendres de l'incinérateur de la CUQ à Saint-Tite-Des-Caps. Département de santé communautaire, Hôpital de l'Enfant-Jésus, Québec, 64p.

Chevalier, P. (1995) Gestion de l'environnementen milieux urbain et industriel. Presses de l'Université du Québec, 577p.

Chevalier, P. (1997) Technologies d'assainissement et prévention de la pollution. Presses de l'Université du Québec, 440p.

Crisp, T.M. *et al* (1998) Environmental Endocrine Disruption: An Effects Assessment And Analysis. Environmental Health Perspective, 106 (suppl 1): 11-56.

Current, W.L. et L.S. Garcia (1991) *Cryptosporidiosis. Clinical Microbiological Reviews*, 4: 325-358.

Environnement Canada, Santé et Bien-être social Canada (1990) Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Liste des substances d'intérêt prioritaire, document de support no. 1: dibenzodioxinespolychloréeset dibenzofurannespolychlorés. Ministèresde l'Environnement et de la Santé, Gouvernement du Canada, 64p.

Environnement Canada (1993) Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Liste des substances d'intérêt prioritaire, document de support no. 3: cheminements, écotoxicités et réglementations pour les HAP dans l'environnement. Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Canada, 102p.

Gorbach, S.L., J.G. Bartlett et N.R. Blacklow (1998) Infectious Diseases, 2nd edition. W.B. Saunders Company, 2594p.

Gray, L.D. (1995) *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella* and *Yersinia*. Dans: Murray, P.R. (editeur), *Manual of Clinical Microbiology*, ASM Press, Washington, pp.: 450-455.

Hunter, P.R. (1997) Waterborne Diseases, Epidemiology and Ecology. John Wiley & Sons, England, 372p.

Levallois, P. (1997) Qualité de l'eau potable et trihalométhanes. Bulletin d'information en santé environnementale (BISE), 8(6): 1-4.

Mara, D.D. et D. Clapham (1997) Water-Related Carcinomas: Environmental Classification. Journal of Environmental Engineering, May: 415-422.

Parker, M.T. et L.H. Collier, éditeurs (1990) Topley & Wilson's Principles of Bacteriology, Virology and Immunity. Edward Arnold, Volume 4, Virology, 719p.

Wolfe, M.S. (1992) Giardiasis. *Clinical Microbiology Reviews* , 5: 93-100.

Consulter aussi les textes et références utilisées pour la préparation des grilles suivantes:

- production d'aluminium (pour les polluants atmosphériques)
- routes et autoroutes (pour les polluants atmosphériques)
- incinération (pour les polluants atmosphériques)
- épandage de boues provenant de stations de traitement des eaux usées municipales (pour les polluants aquatiques et dans le sol)
- manipulation ou épandage de boues de fosses septiques à usage domestique (pour les polluants aquatiques et dans le sol).

Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 10 de 11

Industries manufacturières

Perspective canadienne

La production manufacturière est une composante importante de l'économie canadienne puisque, en 1993, quelque 39 000 établissements manufacturiers ont généré 18% du PIB, soit environ 100 milliards de dollars. La contribution du secteur manufacturier est cependant en décroissance constante depuis 1961 où cette activité représentait environ 25% du PIB. Le même phénomène est remarqué quant à la contribution des industries

primaires (métallurgie, secteur des pâtes et papiers, activités minières) dont la contribution au PIB est passée de 10 à 7% entre 1961 et 1989. Ce secteur de l'économie fournit de l'emploi à 1,8 millions de personnes, soit 13% de la population active. Les deux plus importantes composantes de l'activité manufacturière sont la fabrication de matériel de transport (15% de l'activité) et la transformation des aliments (13%). Mentionnons finalement que la plus grande partie de l'activité manufacturière, soit 70%, est concentrée dans le corridor Windsor-Québec.

Source

Canada (1996) État de l'environnement au Canada. Gouvernement du Canada, 820 p.

Production d'aluminium

Profil socio-économique

La production d'aluminium est une activité métallurgique qui occupe une place importante au Québec puisque plus de 90% de la production canadienne y est concentrée. En fait, le Québec se classe au troisième rang des producteurs, derrière les etats-unis et l'ex-URSS, avec une capacité de production d'environ 2,5 millions de tonnes annuellement. En 1993, la valeur des expéditions québécoises s'est élevée à quelque 3,5 milliards de dollars, ce qui a procuré des emplois directs à 12 500 personnes. Au Québec, on retrouve plusieurs alumineries importantes, produisant de l'aluminium de première fusion (obtenue à partir de la bauxite; voir ci-dessous). Alcan est la plus importante de ces sociétés, ayant quatre alumineries dans la région du Saguenay/Lac-St-Jean (une cinquième sera bientôt construite) et une à Shawinigan. Les autres producteurs importants sont reynolds (Baie-Comeau), ABI (Bécancour), Lauralco (Deschambault) et Alouette (Sept-Iles). L'industrie de la production d'aluminium est actuellement en plein essor au Québec, plusieurs entreprises ayant mis de l'avant des projets de modernisation ou de construction de nouvelles usines.

Procédé de production de l'aluminium

On parle de la production d'aluminium de première fusion lorsque le métal est obtenu à partir de la bauxite (procédé Bayer), matière première essentielle plutôt qu'à partir d'aluminium recyclé (deuxième fusion). Puisqu'il n'y a pas de gisements de bauxite au Québec, cette matière première est extraite de diverses régions dont l'Australie, la Guinée, la Jamaïque et le Brésil. La bauxite est un minerai qui contient principalement de l'alumine hydratée ($Al_2.H_2O$) et de l'oxyde de fer, ce dernier lui conférant sa teinte rougeâtre caractéristique. On obtient l'alumine (Al_2O_3) en dissolvant la bauxite dans une solution alcaline (NaOH) concentrée et chaude (250°C) sous une forte pression (principe de

l'autoclave). La production de 1,9 tonnes d'alumine (qui donnera ultérieurement une tonne d'aluminium) nécessite de 4 à 5 tonnes de bauxite. Le résidu, appelé boue rouge, est un déchet solide relativement inerte qui n'est pas considéré comme dangereux. Cependant, des poussières fugitives peuvent s'échaper du lieu d'entreposage et retomber sur la collectivité environnante. Au Québec, seule l'usine vaudreuil d'alcan, située à jonquière, procède à l'extraction de l'alumine de la bauxite. Alcan fournit ainsi de l'alumine à ses autres usines alors que les autres firmes importent l'alumine de divers pays, où elle a été préalablement extraite de la bauxite, bien que certaines l'achètent d'Alcan. À Jonquière, quelque 600 000 tonnes de boues rouges sont générées annuellement; elle est épaissie puis empilée dans divers secteurs d'entreposage et recouvert de gypse.

L'alumine est transformée en aluminium dans ce qui est appelé le secteur électrolyse de l'usine. C'est la nécessité d'une importante source d'énergie électrique qui est à l'origine de l'implantation des alumineries au Québec, chaque tonne d'aluminium produite nécessitant entre 13 et 17 millions de watt/heure (avec un courant variant de 60 000 à 300 000 ampères).

L'alumine est introduite dans les cuves d'électrolyse dans lesquelles on ajoute divers additifs comme comme la cryolite (Na_2AlF_3) et le fluorure d'aluminium (AlF_3) afin, notamment, d'abaisser le point de fusion à 950 °C (plutôt que 2 400°C) le courant électrique passe d'une anode de carbone, une tige située au centre de la cuve, à la cathode constitué d'un revêtement de carbone tapissant l'intérieur de cette cuve en acier. À intervalle régulier, l'aluminium en fusion est siphonné et transféré vers le secteur de la fonderie.

Polluants atmosphériques

L'étape de la transformation de l'alumine en aluminium est la plus polluante car elle dégage de nombreux gaz et engendre la production de déchets dangereux. En absence d'additifs et si la réaction était complète, seul du CO_2, un gaz à effet de serre, serait produit. On note cependant la production de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), ces derniers provenant surtout de la consumation de l'anode de carbone et du recouvrement interne des cuves. Les vieilles alumineries utilisant d'anciens procédés d'électrolyse (par exemple le procédé soderberg à goujons horizontaux) produisent une importante quantité de HAP parmi lesquels on retrouve des composés cancérogènes comme le benzo(a)pyrène(B[a]P). Des études ont d'ailleurs démontré que l'on pouvant associer certains cas de cancer de la vessie, chez des travailleurs, à la présence de HAP dans l'air ambiant. L'installation de filtres et l'obligation, pour les employés qui manipulent les capots des cuves, de porter des équipements spéciaux réduisent considérablement les risques d'exposition.

L'électrolyse émet également des poussières et des particules en suspension ainsi que du bioxyde de soufre (SO_2) à cause de la présence de cet élément dans le coke utilisé pour la préparation des électrodes. Le SO_2, parfois appelé anhydride sulfureux, est un polluant atmosphérique majeur qui participe à la formation des précipitations acides ainsi

qu'à celle du smog acide. Ce gaz, qui est presque complètement absorbé entre le nez et le pharynx, est assez irritant pour les voies respiratoires. Le SO_2 s'avère aussi être assez agressif envers les plantes, des concentrations de l'ordre de 0,03 ppm provoquant des lésions aiguës sur les feuilles.

Enfin, on doit mentionner l'émission de fluorures gazeux qui proviennent des additifs fluorés ajoutés dans les cuves. Le fluor est un gaz extrêmement toxique qui est très réactif, s'attaquant à presque tous les autres éléments à l'exception de l'oxygène et de l'azote. Au Québec, les alumineries constituent la principale source de fluorures dans l'air. Les végétaux sont très sensibles à la présence de fluorures atmosphériques et ils servent souvent d'indicateurs. Chez les mammifères, le fluor absorbé est retenu dans les tissus dentaires et osseux, pouvant provoquer une ostéoporose des os et une fluorose dentaire se traduisant notamment par une pigmentation brun-orangé des dents. Dans les années 1940, certains animaux de ferme qui fréquentaient régulièrement les pâturages entourant les alumineries avaient de tels problèmes.

Déchets dangereux

Tel que mentionné précédemment, le recouvrement interne des cuves d'électrolyse est constitué de briques, contenant notamment de l'anthracite et divers matériaux réfractaires, appelées brasques; rappelons que cet assemblage constitue en fait la cathode. Au fil du temps, ces brasques vieillissent et doivent être enlevées. Bien qu'elles soient surtout composées de carbone, elles sont imprégnées de cryolite et de fluorure d'aluminium ainsi que de cyanure formé durant l'électrolyse. Les vieilles brasques sont donc considérées comme un déchet dangereux parce qu'elles contiennent des éléments toxiques, mais aussi parce qu'au contact de l'eau, d'acides ou d'alcalis, ou à température élevée, elles peuvent engendrer des gaz toxiques ou explosifs comme le fluorure d'hydrogène ou le cyanure d'hydrogène. Les vieilles brasques sont actuellement entreposées sécuritairement avant de trouver un moyen de les valoriser ou de les décontaminer.

Pollution de l'eau

Il faut aussi noter que plusieurs des substances polluantes rejetées dans l'atmosphère sont également présentes dans l'eau; c'est le cas des fluorures et des HAP. Dans l'eau usée d'une aluminerie ont peut également trouver des matières en suspension, des huiles et des graisses provenant de diverses machineries. Le problème est plus visible dans les vieilles alumineries, les plus récentes constituant des modèles en matière de rejets liquides. La modification des procédés de production et la présence de systèmes de traitement des eaux usées font en sorte que les rejets sont maintenant limités et peu polluants. Certaines usines se caractérisent même par l'absence de rejets liquides à l'exception des eaux sanitaires.

Précisons que certaines alumineries possèdent un secteur appelé 'carbone' dans lequel on produit notamment les anodes qui sont suspendues dans les cuves d'électrolyse. Puisque ces anodes se consument elles doivent être périodiquement remplacées,

habituellement à tous les 20-30 jours. Anciennement, les anodes cuisaient dans la cuve d'électrolyse, le coke et le brai se transformant en graphite. Les usines modernes produisent des anodes pré-cuites dans le secteur carbone. La production de ces anodes engendre habituellement des polluants comme les HAP qui résultent du chauffage de composés carbonés.

Mentionnons, en conclusion, que la production d'aluminium de seconde fusion, obtenue à partir de rebuts recyclés, permet d'économiser jusqu'à 95% de l'énergie utilisée dans la première fusion tout en diminuant grandement la présence de polluants puisque l'électrolyse (transformation de l'alumine en aluminium) devient alors une étape inutile.

Secteur : Industrie;
Activité: production d'aluminium[16]

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	incendies, explosions, fuites, inondations	gaz et liquides toxiques; destruction	site, périmètre et voisinage	recouvrement, confinement, captage	Csa z731-95 Planification des mesures d'urgence pour l'industrie
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- fluorures	- dépérissement végétation + décalcification mammifères	- site, périmètre, voisinage	-épurateurs, nouvelles technologies, zones tampons	-2,5 µg/m^3 (24h), (milieu de travail)
	- SO_2	- lésions aiguës et chroniques à la végétation	- régionale (jusqu'à 100 km)	- épurateurs, combustible sans soufre	- 0,5ppm (1h) et 11ppm (24h) (Q-2 règ qualité atmosphère)
	- CO_2	- effet de serre	- planétaire	- réduire carburants fossiles	- aucune
	- HAP (anodes)	- aucun	- site et voisinage	- captage	- 0,2 µg/m^3 (8h) HAP totaux (cum[14])
Émissions liquides ou dans l'eau	- aluminium	- toxicité pour ichtyofaune et insectes aquatiques	Pour l'ensemble des polluants: cours d'eau récepteur	Pour l'ensemble des polluants dans l'eau: captage et traitement	- 0,2 mg/l (critère Mef prise eau brute -1.0 mg/kg/j (oms)
	- fluorures	- bioaccumulation dans organismes aquat			- 1,5 mg/l (règ. Eau potable, mef) 60µg/kg/j (epa)
	- matières en suspension et dissoutes	- insalubrité, réduction visibilité			- 0,5 g/l (critère Environ. Canada, eau brute)
	- huiles et graisses	- insalubrité			- aucun critère
	- HAP (provenant de l'atmosphère)	- effets néoplasiques et génotoxiques			- 2,8 x 10^{-6} mg/l (Mef eau brute) 1/7.3 mg/kg/jr (estimation risque, du b[a]p, epa)
Émissions solides ou dans les sols	-brasques usées	- grande toxicité	-site	- confinement sécuritaire	- q-2, règl. sur les déchets dangereux - q-2, règl. sur les déchets solides
	- scories, grenailles...	- insalubrité	- site	- récupération, recyclage	
	- déchets domestiques	- insalubrité	- site	- élimination, recyclage	
Nuisances	- bruit (sources fixes et mobiles)		- site et périmètre	-talus accoust. -zone-tampon	L_{eq} 45db (nuit)
Impacts indirects ou autre exposition					

[16] Impacts évalués dans le contexte actuel qui exclu les anciennes technologies polluantes (ex.: anodes de type Soderberg à goujons horizontaux). L'analyse inclut la production d'anode, secteur que l'on ne retrouve cependant pas dans toutes les alumineries, mais exclut la production d'alumine à partir de la bauxite, procédé normalement effectué à l'extérieur du Québec.

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à risque	Probabilité de survenue	Indicateurs, suivi	Informations/ références
Sinistre technologique	irritations respira. asphyxie, traumatismes, décès	travailleurs et voisinage immédiat	très rare	rapports morbidité/ mortalité Banques de don-Nées du mef???	
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- irritations yeux, peau fluorose dentaire, ostéo-arthrite	travailleurs	-rare - très rare	- fluorures dans l'air ambiant	- BAPE (1997) - cce (1986) BAPE (1997) règ. sur la qualité de l'atmosphère (qc) - Jacques (1992) - environnement Canada (1994)
	- irritations des muqueuses respiratoires	aucune aux concentrationsémises	- N.A..	So^2 dans l'air ambiant	
	- changements climatiques	- planétaire	- fréquent	concentration du Co_2 atmosphérique	
	- cancers (surtout poumons, vessie)	- travailleurs et voisinage	- très rare	- concentration B[a]p et autres HAP dans air ambiant	
Émissions liquides ou dans l'eau	- problèmes neurologiques	Consommateurs d'eau du cours récepteur	- inconnue	- concentration al dans eau	BAPE (1997) Lalonde (1991) Env. Canada; Recommandations pour la qualité des eaux et MEF; critères de qualité de l'eau - environnement Canada (1994)
	probablement nuls aux concentrations notées	- N.A..	- N.A..	- concentration fluorures dans eau	
	- insalubrité	- aucune	- N.A..	- aspect visuel ou dosage mes dans l'eau	
	- insalubrité	- aucune	- N.A..	- aspect visuel ou dosage huiles/graisses dans eau	
	- cancers	-consommateurs d'eau ou organismes aquatiques	- inconnue	- concentration de divers HAP dans l'eau et la faune	
Émissions solides ou dans les sols	- grande toxicité,	- travailleurs	- rare à occasionnel	- rapports sur accidents résultant d'incidents	Fiche de données de sécurité alcan sur brasques usées (# a0026)
	irritation peau et voies respiratoires	- travailleurs	-???		
	-??? - insalubrité				
Nuisances	qualité du sommeil stress	voisinage	occasionnel	plaintes/perception	

Impacts indirects ou autre exposition					

Sources

Alcan (1994) Précis Alcan. Société d'Électrolyse et de Chimie Alcan Ltée, Montréal, 20p.

AIAQ (1993) L'industrie de l'aluminium. Association de l'industrie de l'aluminium du Québec, Montréal, 12p.

BAPE (1997) Projet de construction d'une usine d'électrolyse à Alma, par Alcan Aluminium ltée. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (Gouvernement du Québec), rapport nº 120, 180p.

Capano, M (1996) Rapport environnement. Société d'électrolyse et de Chimie Alcan Ltée, Montréal, 15p.

Chevalier, P. (1995) Gestion de l'environnement en milieux urbain et industriel. Presses de l'Université du Québec, 577p.

Fabri-Forget, M (1993) Rejets de HAP à l'environnement au Canada. Document de support Nº 1 pour le rapport d'évaluation nationale des HAP, environnement Canada, pagination multiple.

Jacques, A.P. (1992) Estimation des émissions de gaz provoquant l'effet de serre au Canada en 1990. Ministère de l'environnement, Gouvernement du Canada, 80p.

Lalonde (1991) L'aluminerie Laterrière et la protection du milieu aquatique : vers une intégration harmonieuse. Sciences et techniques de l'eau, mai : 145-150.

MEF (1993) Bilan de l'environnement au Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, Éditions Guérin (Montréal), 560p.

Sala, J,-M. (1992) Sécal; dix ans de progrès sur la voie du développement durable. Quatrième colloque de formation en santé environnementale, octobre 1992 (Québec), 8p. + annexes (document actualisé en 1993)

UNEP1986) Guidelines for Environmental Management of Aluminium Smelters. UNEP-Industry & Environment Guidelines Series, United Nations Environment Programme, 42p.

Autres sources

Fiches techniques produites par l'Association de l'industrie de l'Aluminium du Québec : 'l'aluminium au Québec', « l'aluminium centenaire », « l'aluminium : sa production et sa transformation », « l'aluminium recyclable »

Fiches et documents techniques produits par Alcan : « métallurgie de l'aluminium », « Alcan au Québec », « communication présentée au 9ème Congrès mondial sur l'air pur (1991), 12p. », « le procédé Bayer ».

Site internet sur le procédé d'obtention de l'aluminium et la production mondiale:
www.sfc.fr/Vignes/vig3_al.htm#Alumine

Production de pâtes à papier

Perspective canadienne

En 1994, on comptait 668 établissements de production de pâte, de papier ou de produits connexes. Ces entreprises ont contribué à la balance commerciale du pays puisque 5,5 milliards $ de papier journal ont été exportés (représentant 53% du commerce mondial) alors que la vente de pâte rapportait 6,7 milliards $ (34% du commerce mondial).

Production au Québec

La production de pâtes à papier, et de papier comme tel, est une activité économique importante au Québec. En 1995, avec un peu plus de 60 usines, la valeur des livraisons de cette représentait 11,6% de l'activité manufacturière de la province[17]. Le nombre d'emplois directs dans les usines de pâtes et papiers était de 21 200, auxquels on peut ajouter 10 600 emplois indirects, dans les secteurs connexes de cette industrie.

---

[17] Ne pas confondre activité manufacturière et produit intérieur brut (PIB) utilisé dans la description d'autres types d'activités.

Technologies employées

Tel que précisé plus loin dans ce texte, la production de pâtes à papier peut se faire selon deux grandes approches technologiques. Au Québec, la plus grande partie des pâtes produites est dite mécanique (66% du total en 1995, avec 4,8 millions de tonnes), le reste étant des pâtes chimiques. La plus grande partie des pâtes mécaniques sont utilisées pour fabriquer le papier journal, le Québec ayant produit 11,8% du total mondial de ce type de papier (en 1995) et 42,5% de la production canadienne. Il faut noter qu'ailleurs au Canada, ainsi qu'aux États-Unis, on produit des pâtes chimiques dans une proportion des 2/3, soit l'inverse de ce qui se fait au Québec. Cette situation doit être notée dans une optique environnementale et de santé publique, puisque la production de pâtes chimiques engendre des substances plus toxiques et des nuisances plus gênantes.

Le papier, fabriqué pour la première fois sous la forme qu'on lui connaît aujourd'hui il y a 2 000 ans (en Chine), est en fait une feuille résultant l'enchevêtrement de fibres. On peut fabriquer du papier avec diverses matières premières, notamment du coton, mais le bois est utilisé dans la presque totalité des usines. Dans ce dernier cas, ce sont les molécules de cellulose qui sont utilisées pour fabriquer la feuille de papier. Les technologies employées pour produire le papier visent toutes le même but, soit défibrer le bois afin d'obtenir une pâte tout en éliminant les molécules de lignine qui sont indésirables.

Il y a deux grandes technologies de défibrage du bois, soit le procédé mécanique et le procédé chimique. Le procédé mécanique (à la meule) est le plus ancien; il permet d'obtenir des rendements élevés, produit peu de déchets, mais il génère des fibres endommagées qui sont peu résistantes. Afin d'obtenir un papier plus résistant, on utilise maintenant des variantes de la technologie de base, qui sont les procédés thermomécaniques et chimicothermomécaniques. Quant aux procédés de production chimique, il se divise en deux principales méthodes : le procédé au bisulfite (acide) et le procédé au sulfate, ou kraft (alcalin). Avec le procédé au bisulfite, les fibres de bois sont traitées par sulfonation à l'aide d'une solution d'anhydride sulfureux et d'oxydes alcalins. Quant au procédé kraft, il requiert l'emploi d'une solution caustique d'hydroxyde de sodium et de sulfure de sodium.

Pollution inhérente aux procédés chimiques

Il importe ici de bien saisir les conséquences environnementales propres aux procédés chimiques. Premièrement, l'emploi de réactifs à base de soufre engendre l'émission de composés soufrés très malodorants. Les pires odeurs nauséabondes produites par l'industrie des pâtes et papiers sont généralement émises par les usines de pâte Kraft. Deuxièmement, les deux procédés chimiques produisent une pâte relativement foncée qui doit être blanchie. Les agents de blanchiment habituellement utilisés avec la pâte Kraft, ou au bisulfite, sont à

base de chlore (chlore gazeux, bioxyde de chlore ou hypochlorite) qui, en réagissant avec la matière organique, produisent notamment des dioxines, des chlorophénols et des acides résineux chlorés désignés collectivement sous le vocable d'halogénures organiques absorbables (AOX). En ce qui concerne les pâtes mécaniques, on utilise habituellement un agent de blanchiment moins agressif comme le peroxyde d'hydrogène.

Polluants atmosphériques

Les principaux problèmes de pollution atmosphérique causés par l'industrie des pâtes et papiers résultent de l'utilisation des procédés mécaniques ainsi que de l'emploi des appareils de combustion requis pour le chauffage des fibres de bois et de la pâte; la présence de ces appareils est commune aux deux grands types de procédés, mécaniques et chimiques. Ce secteur industriel est donc à l'origine de l'émission de particules en suspension et de polluants spécifiques à la combustion de combustibles fossiles : monoxyde de carbone (CO), bioxyde de carbone (CO_2), bioxyde de soufre (SO_2) et oxydes d'azote (NO_x). Précisons que ce secteur industriel émet beaucoup d'oxydes d'azote (NO_x), gaz à l'origine de la formation des précipitations acides et du smog photochimique (mettant en cause l'ozone troposphérique). Les fabriques de pâte à papier émettent également une forte quantité de CO_2, un gaz à effet de serre. Les usines qui utilisent un procédé chimique émettent divers oxydes de soufre (SO_x), dont le SO_2, et plusieurs composés malodorants comme l'hydrogène sulfuré (H_2S) et des mercaptants. Rappelons que le SO_2, parfois appelé anhydride sulfureux, est un polluant atmosphérique majeur qui participe à la formation des précipitations acides ainsi qu'à celle du smog acide. Ce gaz, qui est presque complètement absorbé entre le nez et le pharynx, est assez irritant pour les voies respiratoires. Le SO_2 s'avère aussi être assez agressif envers les plantes, des concentrations de l'ordre de 0,03 ppm provoquant des lésions aiguës sur les feuilles.

Polluants en milieu aquatique

La nature des rejets aquatiques dépend du type de procédé utilisé, mais l'ensemble des usines est susceptible de déverser les polluants suivants :

- des matières en suspension (MES) diverses telles que les fibres et les écorces;
- des matières organiques qui accroissent la demande biochimique en oxygène (DBO);
- des composés inorganiques divers (surtout l'aluminium, le manganèse et le zinc);
- des hydrocarbures provenant de la lubrification des machines;
- des acides gras et résineux ainsi que des composés phénoliques.

Dans le cas des usines utilisant un procédé de pâte mécanique, ce sont surtout les acides résineux, des fibres cellulosiques et des résidus de tamisage de la pâte qui sont rejetés avec les effluents. Quant à la fabrication du papier comme telle, à partir de la pâte, elle peut engendrer le rejet de fongicides et d'additifs servant à fabriquer les divers types de papiers, surtout des produits de couchage (kaolin, cires, solvants, latex, résines) et des adhésifs (colles de farine, de poisson, d'amidon, etc.). Si la fabrique de pâte comprend des installations de recyclage du vieux papier, les produits de couchage et les adhésifs se retrouveront dans les effluents avec les encres d'imprimerie utilisées pour l'impression des journaux, les encres typographiques et offset, les encres flexographiques, les encres pour rotogravure et les toners xérographiques (pour les photocopieurs). Les produits de couchage ont pour objet d'améliorer la texture du papier en lui donnant un fini plus uniforme, plus lisse ou plus lustré ou glacé. Les produits les plus employés sont constitué de kaolin (une forme d'argile), de cires, de solvants, de latex ou de diverses résines. Certains dont d'origine naturelle, tel le kaolin, alors que d'autres sont purement synthétiques. Tous les papiers couchée ne sont pas recyclables; ceux traités au kaolin ne pose aucun problème alors que ceux qui sont traités avec des plastifiants sont considérés comme non recyclables. Les adhésifs peuvent être d'origine animale (colle de poisson, caséine), végétale (farine, amidon) ou faits de résines synthétiques (comme l'acétate de polyvinyle). Les adhésifs synthétiques sont difficiles à enlever car ils sont souvent insolubles dans l'eau et ils forment des taches sur le papier recyclé. En ce qui concerne les encres, celles pour joournal sont à base d'huile minérale alors que les encres offsett sont faites de vernis solubilisé dans une huile végétale (lin ou soya). Les encres flexographiques sont hanituellement faites de fines particules de carbone encapsulées dans un polymère soluble dans l'eau. Ces particules, très petites, sont difficiles à éliminer lors du désencrage, ce qui entraîne une réduction significative de la blancheur de la pâte. Enfin, les toners xéorographiques utilisés par les photocopieurs sont des encres presque impossibles à éliminer.

Acides résineux

Les acides résineux (principalement les acides pimarique et déhydroabiétique) ainsi que les acides gras (principalement oléique, linoléique et linolénique) sont naturellement présents dans le bois. Diverses études montrent que, dans les effluents, les concentrations de ces acides dépassent fréquemment le seuil de mortalité pour les organismes aquatiques. On a mis en évidence une concentration moyenne de 6,9 mg/L d'acides résineux dans les effluents de papetières québécoises, alors qu'elle ne devrait pas dépasser 0,25 mg/L (à ph 7,0), le critère fixé par le MEF. Il faut toutefois préciser que ce cette concentration est celle de l'effluent brut; la dilution dans les eaux réceptrices entraînant une diminution considérable de cette concentration. Malgré cela, ces acides peuvent s'accumuler à des concentrations sublétales dans les tissus des poissons, des mollusques et des crustacés. Puisque certains de des acides ont démontré une activité mutagène, il y a lieu de se préoccuper de leur

présence. Précisons finalement que les rejets des usines de pâte mécanique contiennent généralement plus d'acides résineux et gras.

Substances phénoliques

Les rejets en milieu aquatique contiennent également des substances phénoliques, comme les crésols, le catéchol, le guaïcol et quelques autres. La concentration de ces composés est plus élevée dans les bois résineux (sapins, épinettes, pins). Bien qu'une certaine toxicité puisse être attribué à ces substances, ce sont surtout les formes chlorées qui provoquent une plus grande préoccupation; ces formes ne sont toutefois présentes que dans les effluents des usines utilisant un procédé de blanchiment au chlore.

Déchets solides

La masse de résidus solides de l'industrie des pâtes et papiers est constituée de ce que l'on appelle les déchets de fabrique qui comprennent notamment les écorces, les résidus de bois, les rebuts (de pâte, de papier ou de carton), les cendres provenant d'une installation de combustion, les boues provenant du traitement des eaux de procédé et les boues de désencrage. À la fin des années 1980, les quelques 60 fabriques québécoises de pâtes et papiers ont généré plus de 1,6 million de tonnes de déchets divers dont la plus grande partie était constituée des boues issues du traitement des effluents (39%), des écorces (31%) et de résidus de bois appelés éclisses (8%). Mentionnons que 50% des solides contenus dans les boues de désencrage est composé de kaolin, une substance utilisé pour le couchage du papier (voir plus haut). Cette substance inerte ne nuit pas à la valorisation des boues, mais il semble que la récupération de ce produit, en vue de sa réutilisation, serait souhaitable. Par ailleurs, la présence de résines et d'encres divers peut être responsable d'une certaine toxicité des boues dans une optique de valorisation.

On s'intéresse plus particulièrement aux boues provenant des systèmes de traitement. Les boues primaires proviennent de la décantation des effluents et on y retrouve surtout des substances et particules de dimensions macroscopiques. Les boues secondaires sont produites lors du traitement biologique des effluents. Ces boues contiennent habituellement plusieurs substances toxiques comme des métaux lourds, des phénols et des acides résineux s'ils n'ont pas été métabolisés par les micr -organismes présent dans le traitement secondaire. On sait que la plupart des métaux lo rds sont relativement toxiques. Le mercure, le chrome, le plomb et le zinc sont parmi ceux-là, alors que le cadmium, l'arsenic le nickel et le chrome hexavalent sont cancérigènes. Finalement, les boues de désencrage peuvent

également contenir des substances toxiques, notamment des colles, des plastifiants et des encres.

La plus grande partie des boues sont enfouies dans des lieux destinés à cet usage. Au début des années 1990, on comptait une trentaine de sites d'enfouissement des déchets des fabriques de pâtes et de papiers. Une proportion limitée des boues (moins de 20%) sont utilisés dans les chaudières énergétiques des papetières avec les résidus de bois et d'écorces. Finalement, des expériences ont eu lieu pour une valorisation agricole et sylvicole des boues. Le contenu en certaines substances nutritives et leur rôle comme amendement organique des sols permet d'envisager cet utilisation. En milieu agricole cependant, les avantages pourraient être limités par la présence de métaux lourds susceptibles d'être absorbés par les plantes en croissance.

On peut conclure en précisant que l'installation de filtres, d'épurateurs, de système de traitement des eaux et la mise au point de procédés de valorisation des résidus solides permettent à l'industrie des pâtes et papiers d'être beaucoup moins polluante.

Secteur: industrie
Activité: production de pâte à papier thermomécanique[18]

Agresseur/ Exposition	Nature de l'agresseur	Impact environnement	Zone d'influence	Mesures de contrôle	Normes ou recommandations
Sinistre technologique	incendie, explosion déversement chimiques	dépôts de fumée destruction contamination	site et périmètre	captage, confinement, recouvrement	Csa z731-95 Planification des mesures d'urgences pour l'industrie
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- panache de vapeur	- visibilité réduite	- site	- éloignement des voies de circulation	- aucune
	- CO_2	- effet de serre	- planétaire	- réduire utilisation carburants fossiles	- aucune
	- NO_x	- concourent à formation ozone au sol et smog photochimique	- locale et régionale	- captage et traitement, ↑ efficacité énergétique	No_2: 0,2ppm (1h) et 0,1 ppm (24h) (Q-2, règ. qualité atmosphère)
	- particules	- insalubrité	- site et voisinage	- dépoussiéreur	- 150 µg/m³ (24h) Q-2, règ. qual. air
Émissions liquides ou dans l'eau	- matières en suspension et dissoutes	- insalubrité, réduction visibilité	Pour l'ensemble des polluants: cours d'eau récepteurs	- décantation, traitement primaire	- 0,5 mg/l (critère Env. Canada, eau brute)
	- phénols	- toxicité (surtout salmonidés)		- traitement secondaire	- 2 µg/l (q-2 règ. sur eau potable,) 0,6 mg/kg/j (epa)
	- acides résineux	- grande toxicité		- traitement secondaire	- aucune
	- matière organique	- diminution de l'oxygène dissous aquatique		- traitement secondaire	- 3-7 mg/l (critère Mef, eau brute à subir un traitement de chloration)
Émissions solides ou dans les sols	-écorces, résidus de bois ou pâte	- insalubrité (débris flottants, mousse)	- site et périmètre	- récupération, valorisation énergétique	Q-2, règ sur les fabriques de pâtes et papiers, section vi
	- matières organiques et inorganiques de boues de décantation	- insalubrité, pollution du sol	- site ou lieu d'enfouissement hors site	- enfouissement dans lieux clos	
Nuisances	Odeurs	insalubrité	site, périmètre et voisinage	zone-tampon captage et	Q-2, section x

[18] Le procédé retenu est celui de la production de pâte thermomécanique avec blanchiment à l'hydrosulfite de sodium, un procédé courant au Québec.

				traitement	
Impacts indirects ou autre exposi	dévaluation, dévalorisation	valeur économique	périmètre et vooisinage	compensation communication	Q-2, section iv

Agresseur/ Exposition	Effet sur la santé	Population à Risque	Probabilité de survenue	Indicateur biologique/ environnement (suivi)	Informations/ références
Sinistre technologique	irritations respiratoires, traumatismes décès	travailleurs et voisinage	très rare	rapports morbidité/mortalité	
Émissions gazeuses ou atmosphériques	- aucune	- aucune	- N.A..	- N.A..	Mef (1993)
	- changements climatiques	- planétaire	- fréquente	- concentration atmosphérique de co_2	
	- altération fonctions respiratoires	- résidants des milieux urbains et péri-urbains	- rare à occasionnel (surtout en été)	- concentration atmosphérique de no_x, relevés épidémiologiques des affections pulmo	
	- irritation voies respiratoires	- voisinage (asthmatiques)	- rare	- surveillance épidémiologique, dosage	
Émissions liquides ou dans l'eau	- insalubrité	- utilisateurs de l'eau (baignade, canotage, pêche)	- occasionnel à fréquent	- aspect visuel du cours d'eau et mesure Mes	- mef (1993) - lavallée, rouisse et Paradis (1992) - envirobec (1992)
	- mauvais goût de l'eau ou des organismes aquatiques	- consommateurs eau provenant du cours eau pollué	- inconnue	- dosage phénols dans eau de consommation	
	- inconnus	- inconnue	- inconnue	- dosage acides résineux	
	- insalubrité + formation possibles trihalométhanes avec eau traitée au chlore	- consommateurs eau traitée au cl et provenant du milieu pollué	- rare à occasionnel	- dbo + dosage trihalométhanes dans eau de consommation	
Émissions solides ou dans les sols	- insalubrité (détritus sur le sol), risque de blessures	- travailleurs et voisinage	- inconnue	- plaintes, aspects visuels	Q-2, règlement sur les fabriques de pâtes et papiers (r.12 et r.12.1)
	- insalubrité (présence de	- travailleurs et	- inconnue	- plaintes, aspects	

	vermine, insectes, oiseaux)	voisins lieux d'enfouissement		visuels, inspection lieux d'enfouissement	
Nuisances	qualité de vie	voisinage et communauté sous le vent	rare à fréquent	plaintes, études de perception	
Impacts indirects ou autre exposi	rôle d'évaluation	voisinage et communauté	rare à occasion-nel	rôle d'évaluation études de perception	

Sources

ACPP (1995) Revue annuelle 1995. Association canadienne des pâtes et papiers (Montréal), 20p.

AiFQ (1993) L'industrie des pâtes et papiers du Québec. Association des industries forestières du Québec, 12p.

AIFQ (1996) L'industrie des pâtes et papiers, coup d'œil 1995. Association des industries forestières du Québec (Québec), dépliant.

Canada (1996) L'état des forêts au Canada, 1995-1996. Service canadien des forêts, Ministère des Ressources naturelles, Gouvernement du Canada 112p.

Chevalier, P. (1995) Gestion de l'environnement en milieux urbain et industriel. Presses de l'Université du Québec, 577p.

ENVIROBEC (1992) Étude sur les normes d'effluents basées sur la technologies pour le secteur des pâtes et papiers; fabrication de pâte mécanique de meule. Document préparé pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, 38p.

Environnement Canada (1991) Effluents des usines de pâte blanchies. Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation no. 2, Environnement Canada, Gouvernement du Canada, 68p.

Lavallée, H.C., L. Rouisse et R. Paradis (1992) Caractérisation des effluents des usines de pâtes et papiers du Québec localisées sur le fleuve. Science et techniques de l'eau (novembre 1992) : 501-510.

McCubbin, N. (1983) Techniques de base de l'industrie des pâtes et papiers, et ses pratiques de protection environnementale. Guide de formation SPE 6-EP-83-1F, Environnement Canada (Gouvernement du Canada), 224p.

MEF (1993) Bilan de l'environnement au Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Québec, Éditions Guérin (Montréal), 560p.

Parent, B (1996) Ressources et industrie forestières; portrait statistique, édition 1996. Ministère des Ressources naturelles, 142p.

Smook, G.A. (1989) Manuel du technicien et de la technicienne en pâtes et papiers. Collège de Trois-Rivières (Québec), 465p.

Guide canadien d'évaluation des incidences sur la santé

Volume 2

Prise de décisions en matière d'évaluation des incidences de l'environnement sur la santé

VERSION DE TRAVAIL/NE PAS CITER

Decembre 1999

Ce document a été divisé dans une série de fichiers pour faciliter leur téléchargement de notre site du web.

Partie 11 de 11

ANNEXE II

COMPARISON DE LA SOUTENANCE SOCIALE ECONOMIQUE ET ENVIRONNMENTAL (DE GOODLAND ET DALY, 1995)

COMPARAISON DE LA DURABILITÉ SOCIALE, ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

Durabilité sociale (DurSoc)

La stabilité socioculturelle est l'échafaudage que procurent les réseaux d'organisations de personnes qui permettent l'auto-contrôle et l'autorégulation dans la gestion des ressources naturelles par les personnes. Les ressources doivent être utilisées de façon à accroître l'équité et la justice sociale, tout en diminuant les perturbations sociales. Les droits de la personne, l'éducation, l'emploi, l'habilitation des femmes, la transparence de la prise de décisions, la responsabilité financière et la participation semblent être des parties intégrantes de DurSoc. DurSoc portera sur l'amélioration qualitative des schémas d'organisation sociale et sur le bien-être de la collectivité au lieu de la croissance quantitative des biens physiques, ainsi que sur l'établissement des prix du berceau au décès pour couvrir les coûts totaux, au plan social particulièrement. Cela ne se fera que grâce à la participation systématique des collectivités. La cohésion sociale, l'identité culturelle, la diversité, la solidarité, le sens collectif, l'amour, la tolérance, la compassion, l'humilité, la patience, l'abnégation, la fraternité, les pairs, les institutions, la pluralisme, les normes acceptées d'honnêteté, les lois, la discipline, etc., forment la part sociale du capital humain qui se prête le moins à des mesures rigoureuses, mais qui revêt le plus d'importance pour DurSoc. Ce «capital moral», comme certains l'appellent, doit être entretenu et renouvelé au moyen des valeurs partagées, des droits égaux et des interactions communautaires, religieuses et culturelles. Sans cet entretien, le capital se dépréciera au même titre que le capital physique. Les investissements en capital humain dans l'éducation, la santé et la nutrition des personnes sont aujourd'hui considérés comme des parties intégrantes du développement économique, mais le capital social, indispensable à la durabilité sociale, n'est pas encore entièrement reconnu.

Durabilité économique (DurÉcon)

Le capital économique doit être stable. La définition la plus largement acceptée de la durabilité économique est la « préservation du capital » ou son maintien intact. Elle a été utilisée par les comptables depuis le Moyen Âge pour permettre aux négociants de déterminer quel montant des recettes de ventes leur famille et eux pouvaient consommer, sans diminuer leur capacité de commercer. Ainsi la définition du revenu de Hicks (1946) - « montant qu'une personne peut dépenser sur une période donnée en se retrouvant aussi bien nantie à la fin de la période » - pourrait servir à définir la durabilité économique, puisqu'elle est fondée sur la consommation des intérêts plutôt que du capital. Il faudrait alors étendre cette définition de Hicks basée uniquement sur le capital créé par l'humain et son substitut, l'argent, aux trois autres formes de capital qui sont le capital social, culturel et humain. L'économique a rarement tenu compte du capital naturel (p.ex., forêts intactes, a:-

salubre) parce que jusqu'à tout récemment il ne s'est jamais raréfié. Ce nouvel état de raréfaction du capital naturel vient de ce que l'échelle du sous-système économique humain a grandi au point de dépasser celle de l'écosystème de soutien. Aux critères économiques traditionnels d'allocation et d'efficacité, il faut en ajouter un troisième, l'échelle. Ce critère d'échelle limiterait la croissance des intrants - c'est-à-dire le flux de matériaux et d'énergie (capital naturel) des sources environnementales vers les puits, par le canal du sous-système économique humain. L'économique a tendance à affecter une valeur monétaire aux choses et a beaucoup de difficulté à valoriser le capital naturel, les ressources intangibles, interrégionales et à accès commun plus particulièrement, comme l'air. En outre, les coûts environnement qui étaient « externalisés », commencent à peine à être internalisés grâce à de saines politiques environnementales et techniques de valorisation. Comme il en va des personnes et des irréversibles, l'économie doit faire appel de façon routinière aux principes d'anticipation et de précaution devant l'incertitude et le risque.

Durabilité environnementale (DurEnv)

Bien que la durabilité environnementale soit nécessaire aux humains et qu'elle tire son origine des préoccupations sociales, DurEnv vise à améliorer le bien-être des personnes en protégeant les sources de matières premières utilisées pour répondre aux besoins des personnes et en faisant en sorte que les puits de déchets ne soient pas dépassés de manière à ne pas mettre les humains en danger.

Les humains doivent apprendre à vivre dans les limites de l'environnement biophysique. Le capital naturel doit être maintenu à la fois comme source d'intrants (sources) et comme puits de déchets (Serageldin 1993a). Cela signifie qu'il faut tenir l'échelle du sous-système économique à l'intérieur des limites biophysiques de l'écosystème global duquel il dépend.

Pour ce qui est des déchets, cela veut dire que les émissions doivent être tenues dans les limites de la capacité d'assimilation de l'environnement sans l'endommager. En ce qui touche aux sources, les taux de récolte de produits renouvelables ne doivent pas dépasser les taux de régénération.

Les sources non renouvelables ne peuvent pas être entièrement durables, mais on peut approcher un quasi envdur en maintenant les taux de consommation égaux aux taux de production des substituts renouvelables (voir El Seraf 1991, 1993).

ANNEXE III

CLASSEMENT DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE COMPARAISON DES RISQUES (COVELLO ET COLL., 1988)

CLASSEMENT DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DES RISQUES

1. **Comparaison des risques de première classe**
   1. Comparaison des mêmes risques à deux occasions différentes.
   2. Comparaison des risques avec des normes établies.
   3. Comparaison de différents estimés des mêmes risques.

2. **Comparaison des risques de deuxième classe (deuxième chois, moins acceptable).**
   4. Comparaison des risques inhérents à une activité avec ceux découlant de son absence.
   5. Comparaison des risques de différentes solutions appliquées au même problème.
   6. Comparaison des mêmes risques tels que constatés sur d'autres sites.

3. **Comparaison des risques de troisième classe (troisième choix, encore moins acceptable).**
   7. Comparaison des risques moyens avec les risques les plus considérables constatés en une occasion précise ou sur un site particulier.
   8. Comparaison des risques provoqués par une source produisant un effet dangereux particulier avec ceux provenant de l'ensemble des sources produisant ce même effet.

4. **Comparaison des risques de quatrième classe (quatrième choix, rarement acceptable).**
   9. Comparaison des risques avec les coûts ou du rapport coûts/risques avec d'autres rapports coûts/risques.
   10. Comparaison des risques avec leurs avantages.
   11. Comparaison des risques professionnels avec les risques de l'environnement.
   12. Comparaison avec d'autres risques causés par la même source, soit la même installation ou le même agent.
   13. Comparaison avec les autres causes responsables de la même maladie ou traumatisme.

5. **Comparaison des risques de cinquième classe (dernier choix, rarement acceptable, à n'utiliser qu'avec une grande prudence !)**
   14. Comparaison avec des risques sans rapport avec le sujet.

Méthode de catégorisation et de classement des comparaisons de risque par Covello et al., Risk Communication, Risk Statistics and Risk Comparaisons: a Manuel for Plant Managers, Chemical Manufacturers Association, Washington, D.C., 1988.